



SKRIPSI – ME 141501

**OPTIMALISASI FAKTOR DAYA PADA SISTEM
CONTAINER CRANE DI PELABUHAN NILAM**

**Himawan Wicaksono
NRP 4212 100 052**

**Dosen Pembimbing :
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc
Adi Kurniawan, S.T., M.T**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016**

“halaman sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT – ME 141501

**OPTIMIZATION FOR POWER FACTOR ON
CRANE CONTAINER SYSTEM IN PORT OF
NILAM**

**Himawan Wicaksono
NRP 4212 100 052**

**Supervisor :
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc
Adi Kurniawan, S.T., M.T**

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2016**

“halaman sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMALISASI FAKTOR DAYA PADA SISTEM CONTAINER CRANE DI PELABUHAN NILAM

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System* (MEAS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember


Oleh :

Himawan Wicaksono

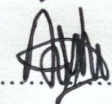
Nrp. 4212 100 052

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.
NIP : 1960 0319 1987 01 1001

(.....)

2. Adi Kurniawan, S.T, M.T.
NIP : 1989 0429 2014 04 1001

(.....)

SURABAYA
JULI 2016

“halaman sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMALISASI FAKTOR DAYA PADA SISTEM CONTAINER CRANE DI PELABUHAN NILAM

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System (MEAS)*

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

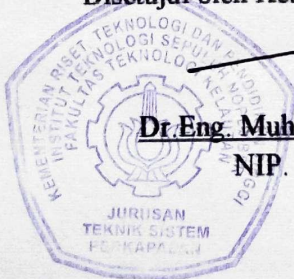
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Himawan Wicaksono

NRP. 4212 100 052

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan



Dr Eng. Muhammad Badrus Zaman, S.T., MT

NIP. 1977 0802 2008 01 1007

“halaman sengaja dikosongkan”

OPTIMALISASI FAKTOR DAYA PADA SISTEM CONTAINER CRANE DI PELABUHAN NILAM

Nama Mahasiswa : Himawan Wicaksono
NRP : 4212 100 052
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Sardono Sarwito, M.Sc
Adi Kurniawan, S.T, MT

Abstrak

Pada proses bongkar muat penggunaan *container crane* disuplai daya dari PLN maupun generator yang disediakan oleh pihak pelabuhan. Dalam operasional *crane* sendiri membutuhkan beberapa peralatan motor listrik. Umumnya motor yang digunakan untuk industri beroperasi mendekati beban penuh, jika beban turun dibawah beban tertentu maka efisiensi turun dengan cepat. Motor beroperasi dibawah laju beban rendah memiliki dampak pada faktor daya yang rendah. Salah satu alternatif untuk memperbaiki kondisi ini adalah dengan cara pemasangan kapasitor. Dengan simulasi *motor acceleration analysis* pada ETAP terdapat penurunan nilai faktor daya dan meningkatnya arus pada Motor Hoist sebesar (33.3%) dan 1821.7 Ampere. Kondisi seperti ini berakibat sangat buruk terhadap *lifetime* motor hoist. Setelah didapatkan nilai kapasitor berdasarkan perhitungan sebesar 696.74 KVAR untuk memperbaiki faktor daya pada motor hoist, selanjutnya dilakukan pengoptimalan penempatan kapasitor. Hasil pengoptimalan dengan simulasi ETAP menunjukkan bahwa lokasi optimal adalah pada Bus 2. Dengan penambahan kapasitor, nilai faktor daya meningkat hingga (82.8%).

Kata kunci : *Container Crane*, ETAP, faktor daya, kapasitor.

“halaman sengaja dikosongkan”

OPTIMIZATION FOR POWER FACTOR ON CRANE CONTAINER SYSTEM IN PORT OF NILAM

Name : Himawan Wicaksono
NRP : 4212 100 052
Department : Marine Engineering FTK-ITS
Supervisor : Ir. Sardono Sarwito, M.Sc
Adi Kurniawan, S.T, MT

Abstract

In the process of loading and unloading, container cranes use the power supplied from the power and generators supplied by the port. The crane operation itself requires some electric motors equipments. Generally, industrial motors operates from close to full load. If the load drops below a certain load, the efficiency decreases rapidly. The motor operating under a low load rate has an impact on a low power factor. One alternative to improve this condition is by mounting the capacitor. With the acceleration of motor simulation analysis on ETAP, there is an impairment of the power factor and the increasing flow of the Motor Hoist by (33.3%) and 1725.7 Ampere. This condition will cause serious harm to the lifetime of the motor hoist. After obtaining a value of 696.74 KVAR in capacitors to improve the power factor on the motor hoist, there are needs to optimize capacitor placement is at bus number 2 through transformer number 1. With the addition of capacitors, power factor value increased to (82.8%).

Keywords: Container Crane, ETAP, power factor, capacitors.

“halaman sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB 1.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
BAB 2.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Container Crane.....	5
2.2 Motor Listrik	6
2.3 Daya Listrik	7
2.4 Faktor Daya	9
2.5 Penyebab Faktor Daya Rendah.....	12
2.6 Perbaikan Faktor Daya	13
2.7 Kapasitor Bank untuk Koreksi Faktor Daya.....	14

2.7.1 Proses Kerja Kapasitor	14
2.7.2 Perhitungan Kapasitor	17
2.8 ETAP (Electrical Transient Analysis Program)	
PowerStation.....	18
BAB 3.....	21
METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Umum	21
3.2 Perumusan Masalah.....	21
3.3 Studi Literatur.....	22
3.4 Pengumpulan Data.....	22
3.5 Pembuatan Program.....	22
3.6 Simulasi Software.....	22
3.7 Analisa dan Pengolahan Data	22
3.8 Kesimpulan dan Saran	23
3.9 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian.....	24
BAB 4.....	25
ANALISA DAN PEMBAHASAN	25
4.1 One Line System	25
4.2 Data Spesifikasi Peralatan pada Crane	26
4.3 Pembuatan Rangkaian Sistem dengan Program ETAP	28
4.3.1 Single Line Diagram.....	28
4.3.2 Mengisi Data Peralatan.....	29
4.4 Hasil Simulasi <i>Motor Acceleration Analysis</i> untuk Faktor Daya Pada Motor Gantry	40

4.5 Hasil Simulasi <i>Motor Acceleration Analysis</i> untuk Faktor Daya Pada Motor Boom	44
4.6 Hasil Simulasi <i>Motor Acceleration Analysis</i> untuk Faktor Daya Pada Motor Trolley	47
4.7 Hasil Simulasi <i>Motor Acceleration Analysis</i> untuk Faktor Daya Pada Motor Hoist	51
4.8 Hasil Simulasi <i>Motor Acceleration Analysis</i> untuk Faktor Daya Pada Motor Hoist dengan Kapasitor	56
BAB 5	63
KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	67

“halaman sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip kerja Sistem Container Crane	5
Gambar 2.2 Jenis-jenis motor listrik.....	6
Gambar 2.3 Segitiga Daya.....	9
Gambar 2. 4 Tegangan, arus, daya, pada berbagai jenis beban linier.....	11
Gambar 2.5 Perbaikan Faktor Daya	13
Gambar 2. 6 Kapasitor Bank	15
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> proses pengerjaan tugas akhir	24
Gambar 4. 1 One Line Diagram sistem distribusi tenaga di pelabuhan nilam.....	25
Gambar 4.2 Penentuan Standar pada program ETAP 12.6	28
Gambar 4.3 Single Line Diagram sesuai One Line sistem pelabuhan.....	29
Gambar 4.4 Parameter pengisian pada generator	30
Gambar 4.5 Parameter tegangan pada Bus1	31
Gambar 4.6 Parameter Transformator 3 winding (Trafo1)	32
Gambar 4.7 Parameter tegangan pada Bus2.....	32
Gambar 4. 8 Parameter pengisian data Motor Main Hoist	33
Gambar 4.9 Parameter pada Transformator 3	34
Gambar 4.10 Parameter pada Bus6	34
Gambar 4.11 Parameter pada Motor Gantry	35
Gambar 4.12 Parameter yang diisi pada Bus3.....	36
Gambar 4.13 Parameter yang diisi pada motor Boom.....	37
Gambar 4.14 Parameter yang diisi pada Transformator 2	38
Gambar 4.15 Parameter yang diisi pada Bus4.....	38
Gambar 4.16 Parameter yang diisi pada Motor Trolley	39
Gambar 4.17 Grafik perbandingan Waktu dengan Arus (Motor Gantry).....	43

Gambar 4.18 Grafik perbandingan Waktu dengan Faktor Daya (Motor Gantry)	43
Gambar 4.19 Grafik perbandingan Waktu dengan Arus (Motor Boom).....	46
Gambar 4.20 Grafik perbandingan Waktu dengan Faktor Daya (Motor Boom).....	46
Gambar 4.21 Grafik perbandingan Waktu dengan Arus (Motor Trolley).....	50
Gambar 4.22 Grafik perbandingan Waktu dengan Faktor Daya (Motor Trolley).....	51
Gambar 4.24 Grafik perbandingan Waktu dengan Faktor Daya (Motor Hoist).....	55
Gambar 4.23 Grafik perbandingan Waktu dengan Arus (Motor Hoist)	55
Gambar 4.25 Grafik perbandingan Waktu dengan Arus (Motor Hoist) dengan Kapasitor	60
Gambar 4.26 Grafik perbandingan Waktu dengan Faktor Daya (Motor Hoist) dengan Kapasitor.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Spesifikasi Transformator 1	26
Tabel 4.2 Spesifikasi Transformator 2	26
Tabel 4.3 Spesifikasi Transformator 3	26
Tabel 4. 4 Spesifikasi motor listrik.....	27
Tabel 4. 5 Kondisi saat operasional Motor Gantry.....	40
Tabel 4. 6 Kondisi saat operasional Motor Boom	44
Tabel 4. 7 Kondisi saat operasional Motor Trolley	47
Tabel 4. 8 Kondisi saat operasional Motor Hoist	52
Tabel 4. 9 Kondisi operasional motor hoist dengan kapasitor.....	57

“halaman sengaja dikosongkan”

Daftar Lampiran :

Lampiran 1 : Output report Critical

Lampiran 2 : Output report Marginal

Lampiran 3 : Katalog spesifikasi Kapasitor VarplusBox
Capacitor (*Schneider Meher Power*)

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan simulasi dengan menggunakan Matlab maupun perhitungan manual maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada motor Hoist terjadi penurunan faktor daya selama waktu operasionalnya yaitu selama 60 detik waktu operasional. Pada detik 157 sampai dengan detik 203 nilai faktor daya menunjukkan (33.3%) dan juga kondisi arus meningkat 6 kali lipat dari arus nominal hingga mencapai nilai 1821.7 A.
2. Motor Gantry terjadi penurunan faktor daya sebesar (24.1%). Kondisi penurunan faktor daya ini terjadi dikarenakan perubahan kondisi dari rangkaian *wye* ke *delta*.
3. Motor Boom terjadi penurunan faktor daya sebesar (27.5%). Kondisi penurunan faktor daya ini terjadi dikarenakan perubahan kondisi dari rangkaian *wye* ke *delta*.
4. Motor Trolley terjadi penurunan faktor daya sebesar (49.2%). Kondisi penurunan faktor daya ini terjadi dikarenakan perubahan kondisi dari rangkaian *wye* ke *delta*.
5. Pada motor hoist faktor daya turun sebesar (33.3%) dan arus meningkat sebesar 1821.7 A. Maka dibutuhkan kapasitor sebesar 696,74 kVAR untuk perbaikan menjadi (82.8%).

6. Dalam mengoptimalkan penempatan kapasitor pada Bus2 melalui transformator 1. Nilai faktor daya meningkat hingga (82.8%) pada detik 157 sampai detik 210. Tetapi saat awal start pada detik 151 sampai 156 nilai faktor daya rendah yaitu menunjukkan nilai (30.4%), kondisi penurunan faktor daya ini terjadi dikarenakan perubahan kondisi dari rangkaian *wye* ke *delta*.

5.2 Saran

Adapun saran agar nanti pada saat melakukan tugas akhir sejenis dengan ini bisa memberikan hasil yang lebih maksimal.

Pada tugas akhir ini hanya dilihat dari segi penentuan berapa besar kapasitas dan optimalisasi faktor daya dengan kapasitor. Akan lebih baik, jika dapat dikembangkan dengan menganalisa dari aspek ekonomisnya.

DAFTAR PUSTAKA

Gustavo Brunello, 2003. *Shunt Capacitor Bank Fundamental and Protection*. Conference for Protective Relay Engineers, Texas A&M University.

L, Wuidart. 1999. *Understanding Power Factor*. STMicroelectronics. (<http://www.st.oom>)

Modul pelatihan ETAP. 2015. *Training ETAP Basic for Industrial Electricity System*. Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

Rahardjo, Yadi. 2010. Perbaikan Faktor Daya Motor Induksi 3 Fase. Seminar Nasional VI SDM Teknologi Nuklir. Yogyakarta.

Saragi, Hadi. 2012. Sistem Operasi Container Crane (CC) Di Terminal Peti Kemas Semarang. Semarang.

Suryawan, I Ketut. 2012. Optimasi Desain Bank Kapasitor Untuk Perbaikan Faktor Daya Berbasis Assesmen Stokastik Menggunakan Genetic Algorithm. Jurnal Logic. Bali.

“halaman sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Himawan Wicaksono, dilahirkan di Surabaya pada tanggal 29 Juni 1994. Merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis merupakan alumni dari SD Negeri Klampis Ngasem 1 246 Surabaya, SMP Negeri 29 Surabaya, dan SMA Negeri 3 Surabaya. Penulis melanjutkan studi Strata 1 (S1) di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan,

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya tahun 2012. Selama perkuliahan penulis aktif dalam kegiatan akademik dan non akademik. Kegiatan akademik penulis yaitu sebagai grader praktikum *motor single phase* dalam matakuliah listrik perkapalan di *Marine Electrical and Automation System Laboratory*. Sedangkan kegiatan non-akademik penulis yaitu organisasi HIMASISKAL FTK-ITS pada tahun kedua sebagai staff departemen KESMA, selain itu menjadi anggota MARINE SOLAR BOAT TEAM ITS pada tahun ketiga untuk mengikuti kompetisi internasional. Pengalaman kerja penulis pernah melakukan kerja praktek di PT. Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero) dan PT. Antakesuma Inti Raharja (MTU Indonesia).

Himawan Wicaksono
Marine Engineering Department
himawicaksono@gmail.com

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pelabuhan adalah tempat yang terdiri dari daratan dan perairan di sekitarnya dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan ekonomi dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, berlabuh, naik turun penumpang dan atau bongkar muat barang yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi. Pelabuhan juga menyediakan fasilitas di ujung samudera, sungai, atau danau untuk menerima kapal dan memindahkan barang kargo maupun penumpang ke dalamnya. Pelabuhan biasanya memiliki alat-alat yang dirancang khusus untuk memuat dan membongkar muatan kapal-kapal yang berlabuh seperti *bulk carier*, *oil gas* dan juga kontainer. Salah satu fasilitas bongkar muat adalah *container crane* dan juga tersedianya gudang untuk menyimpan muatan dari kapal atau yang akan di pindah ke kapal.

Pada proses bongkar muat penggunaan *container crane* disuplai daya dari PLN maupun generator yang disediakan oleh pihak pelabuhan. Dalam operasional *crane* sendiri membutuhkan beberapa peralatan untuk menunjang sistem *crane* ini beroperasi yaitu peralatan motor listrik. Peralatan motor listrik yang digunakan antara lain *Hoist Motor*, *Boom Motor*, *Gantry Motor* dan *Trolley Motor*.

Umumnya motor yang digunakan untuk keperluan industri adalah motor-motor kecil yang efisiensinya tidak

tinggi, sehingga banyak kerugian pada rangkaian magnetisasi saat berbeban ringan. Motor yang dibuat oleh pabrik dirancang untuk beroperasi mendekati beban penuh, sehingga jika beban turun dibawah beban tertentu maka efisiensi turun dengan cepat. Mengoperasikan motor dibawah laju beban rendah memiliki dampak pada faktor dayanya.

Faktor daya yang tinggi sangat diinginkan, agar operasi motor lebih efisien dan menjaga biaya rendah. Salah satu alternatif untuk memperbaiki kondisi ini adalah dengan cara pemasangan bank kapasitor pada jaringan tenaga listrik maupun pada sisi konsumen tenaga listrik. Di Indonesia, konsumen industri dengan faktor daya yang lebih kecil daripada 75% akan dikenai biaya pinalti oleh PT PLN (Persero) berupa tagihan pemakaian daya reaktif. Pinalti ini dapat dihindari dengan pemasangan bank kapasitor untuk memperbaiki faktor daya. Bank kapasitor akan memberikan kompensasi daya reaktif untuk memperbaiki faktor daya yang rendah. Pada tugas akhir ini akan dilakukan analisa kondisi faktor daya peralatan motor listrik pada sistem container crane untuk mendapatkan hasil optimalisasi faktor daya pada sistem container crane di pelabuhan nilam.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan

Berdasarkan latar belakang di atas disampaikan beberapa hipotesa yang antara lain :

1. Bagaimana kondisi faktor daya saat ini disetiap motor listrik pada container crane?
2. Berapakah kapasitas dari kapasitor untuk perbaikan faktor daya?

3. Bagaimana mengoptimalkan faktor daya pada sistem *container crane* di pelabuhan nilam dengan menggunakan kapasitor?

Batasan Masalah

1. Analisa ini hanya difokuskan pada perbaikan faktor daya dengan menggunakan kapasitor dan juga optimalisasi dari kapasitor.
2. Analisa hanya dilakukan pada beban motor sistem *container crane* pelabuhan nilam.

1.3 Tujuan

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui kondisi faktor daya dari setiap motor listrik pada *container crane* di pelabuhan nilam.
2. Menghitung berapa besar kapasitas kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor daya.
3. Mengetahui optimalisasi faktor daya pada sistem *container crane* di pelabuhan nilam dengan menggunakan kapasitor.

1.4 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Untuk memberikan pengetahuan tentang fungsi kapasitor untuk perbaikan faktor daya.
2. Dengan penggunaan kapasitor sebagai perbaikan faktor daya dan juga mengoptimalkan sistem dari kapasitor bisa menjadi sebuah solusi alternatif untuk mengurangi biaya pinalti oleh penyedia tenaga listrik untuk pelabuhan nilam.

“halaman sengaja dikosongkan”

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Container Crane

Container Crane adalah alat produksi yang terlibat dalam proses bongkar muat petikemas di pelabuhan. Fungsi dari alat ini adalah untuk memindahkan petikemas dari kapal ke pelabuhan. Pada sistem container crane terdapat bagian-bagian utama yang mempunyai mekanisme tersendiri. Diantaranya yaitu Motor Boom, Motor Gantry, Motor Hoist dan Motor Trolley.



Gambar 2.1 Prinsip kerja Sistem Container Crane
(Sumber: Saragi, 2012)

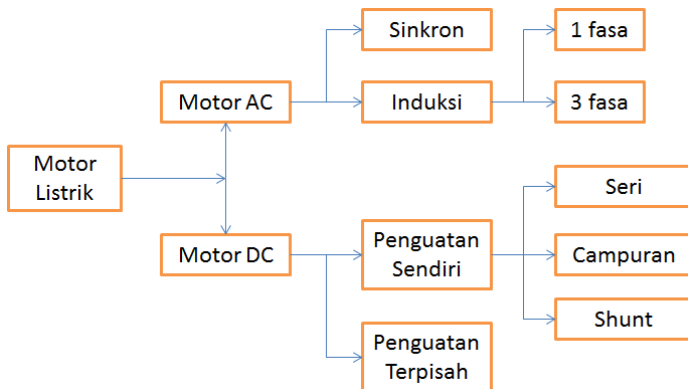
Motor Boom adalah bagian dari container crane yang berfungsi untuk memperpanjang jangkauan container crane ke arah laut. Pada saat tidak beroperasi boom akan bergerak ke atas. Motor Gantry berfungsi untuk menggerakkan seluruh container crane ke samping kanan dan kiri, motor ini dipasang pada kaki-kaki container crane. Motor Hoist berfungsi untuk mengangkat petikemas dari truk ke kapal atau sebaliknya. Bagian ini disebut Hoist karena ukurannya dapat menyesuaikan dengan panjang petikemas yang akan diangkat.

Motor Trolley berfungsi untuk menggerakkan Hoist ke depan atau ke belakang. Bekerja secara kontinyu selama operasi bongkar muat. (Saragi, 2012)

Pada proses bongkar muat penggunaan *container crane* disuplai daya dari PLN maupun generator yang disediakan oleh pihak pelabuhan.

2.2 Motor Listrik

Motor listrik merupakan sebuah alat atau perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor listrik dalam dunia industri seringkali disebut dengan istilah "kuda kerja" nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total dari industri. Berikut gambar 2.2 jenis-jenis dari motor listrik.



Gambar 2.2 Jenis-jenis motor listrik.

(sumber: Laporan Praktikum Listrik Perkapalan)

Pada motor listrik tenaga listrik diubah menjadi tenaga mekanik. Perubahan ini dilakukan dengan mengubah tenaga listrik menjadi magnet yang disebut sebagai elektromagnet.

Sebagaimana diketahui bahwa kutub-kutub dari magnet yang senama akan tolak-menolak dan kutub-kutub tidak senama akan tarik menarik. Maka kita dapat memperoleh gerakan jika kita menempatkan sebuah magnet pada sebuah poros yang dapat berputar, dan magnet yang lain pada suatu kedudukan yang tetap.

2.3 Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Satuan SI daya listrik adalah *watt* yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir per satuan waktu (joule/detik).

a) Daya Aktif

Daya aktif adalah daya rata-rata yang diserap komponen resistif yang dinyatakan dengan P dalam satuan Watt dan ditulis dengan persamaan :

$$\begin{aligned} P &= I^2 R \\ &= I^2 (Z \cos \phi) \\ &= (I Z) I \cos \phi \\ &= V I \cos \phi \end{aligned} \tag{2.1}$$

Keterangan :

Z = Impedansi, dengan satuan Ohm

V = Tegangan, dengan satuan Volt

I = Arus, dengan satuan Ampere

b) Daya Reaktif

Daya reaktif adalah daya yang diserap oleh komponen reaktif yang dinyatakan dengan Q dalam satuan VAR. Didefinisikan sebagai perkalian antara tegangan, arus dan sinus dari sudut faktor daya dan ditulis dengan persamaan:

$$\begin{aligned}
 Q &= I^2 X & (2.2) \\
 &= I^2 Z \sin \varphi \\
 &= (I Z) I \sin \varphi \\
 &= V I \sin \varphi
 \end{aligned}$$

Daya reaktif dibedakan menjadi dua, yaitu:

- (1) daya reaktif kapasitif dan
- (2) daya reaktif induktif.

Antara daya reaktif kapasitif dan daya reaktif induktif mempunyai arah yang berlawanan. Daya reaktif induktif daya listrik yang dibutuhkan untuk menghasilkan medan magnet yang dibutuhkan oleh alat-alat induksi seperti motor listrik, transformator, dan lain-lain. Tanpa daya reaktif induktif daya listrik tidak dapat ditransfer ke sisi sekunder dalam suatu trafo atau melalui celah udara pada motor-motor listrik.

Daya reaktif kapasitif adalah daya yang dibutuhkan kapasitor, kapasitansi tegangan tinggi dan sebagainya. Pada prinsipnya suatu beban induktif bila digambarkan arus dan tegangannya, diperoleh arus (I) tertinggal di belakang tegangan (V) dengan sudut (θ) derajat.

c) Daya Semu

Daya semu adalah hasil perkalian antara tegangan dan arus yang dinyatakan dengan S atau dapat ditulis dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
 S &= I^2 Z & (2.3) \\
 &= (I Z) I \\
 &= V I
 \end{aligned}$$

Keterangan :

S = Daya semu, dengan satuan VA

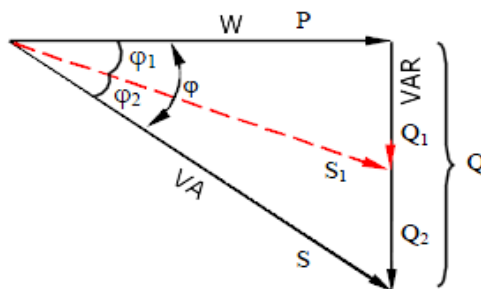
Z = Impedansi, dengan satuan Ohm

V = Tegangan, dengan satuan Volt

I = Arus, dengan satuan Ampere

2.4 Faktor Daya

Daya didefinisikan sebagai laju energi yang dibangkitkan atau dikonsumsi oleh suatu peralatan listrik, satuannya adalah Joule/detik atau watt yang disebut sebagai daya aktif (P). Selain daya aktif, kita kenal daya reaktif (Q), memiliki satuan VAR atau volt-ampere reaktif. Daya reaktif (Q) ini tidak memiliki dampak apapun dalam kerja suatu beban listrik. Dengan kata lain daya reaktif ini tidak berguna bagi konsumen listrik. Gabungan antara daya aktif dan reaktif adalah daya semu (S) dengan satuan VA atau volt-ampere. Jika digambarkan dalam bentuk segitiga daya, maka daya semu direpresentasikan oleh sisi miring sedangkan daya aktif dan reaktif direpresentasikan oleh sisi-sisi segitiga yang saling tegak lurus, seperti ditunjukkan pada gambar 2.3. (Rahardjo, 2010)



Gambar 2.3 Segitiga Daya

(Sumber: Rahardjo, 2010)

Faktor daya (*power factor*) atau sering disebut dengan $\cos \phi$ adalah perbandingan daya aktif dan daya semu. Sudut ϕ adalah sudut yang dibentuk antara sisi daya aktif (P) dan

daya semu (S), sedangkan daya reaktif (Q) tegak lurus terhadap daya aktif (P), maka :

$$\cos \varphi = P/S \quad (2.4)$$

Besarnya daya semu (S) motor induksi adalah :

$$S = V.I \text{ (volt-amper)} \quad (2.5)$$

Besarnya daya P motor induksi satu fase adalah :

$$P = V.I \cos \varphi \text{ (watt)} \quad (2.6)$$

Besarnya daya P motor induksi tiga fase adalah :

$$P = V.I.\sqrt{3} \cos \varphi \text{ (watt)} \quad (2.7)$$

Dimana, P = daya motor (watt)

V = tegangan kerja motor (volt)

I = arus motor (amper)

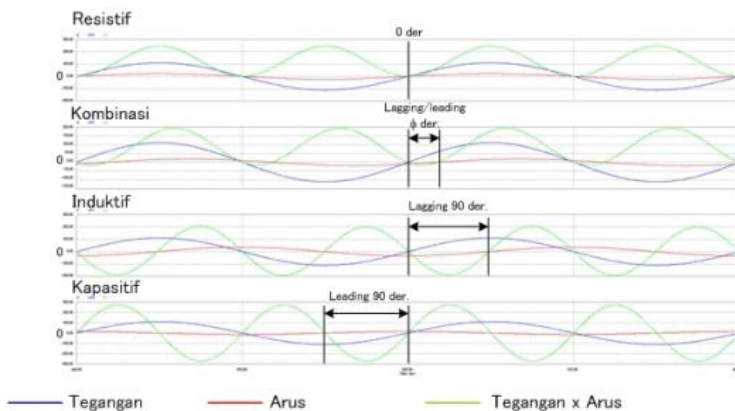
$\cos \varphi$ = faktor daya

Faktor daya (*power factor, pf*) didefinisikan sebagai rasio daya nyata $P(\text{watt})$ terhadap daya semu $S(\text{VA})$. Faktor daya dapat bervariasi antara 0 dan 1, *lagging* untuk beban induktif dan *leading* untuk beban kapasitif.

Faktor daya beban induktif dapat diperbesar dengan memberikan kompensasi daya reaktif. Idealnya besar kompensasi daya reaktif adalah sebesar kebutuhan daya reaktif kapasitif sedemikian sehingga faktor daya sama dengan 1. (Suryawan, 2012)

Faktor daya pada sistem listrik menggunakan sumber tegangan berbentuk sinusoidal murni dan beban linier. Beban linier adalah beban yang menghasilkan bentuk arus sama dengan bentuk tegangan. Pada kasus sumber tegangan berbentuk sinusoidal murni, beban linier mengakibatkan arus yang mengalir pada jaringan juga berbentuk sinusoidal murni. Beban linier dapat diklasifikasikan menjadi 4 macam, beban resistif, dicirikan dengan arus yang sefasa dengan tegangan; beban induktif, dicirikan dengan arus yang

tertinggal terhadap tegangan sebesar 90° ; beban kapasitif, dicirikan dengan arus yang mendahului terhadap tegangan sebesar 90° , dan beban yang merupakan kombinasi dari tiga jenis tersebut, dicirikan dengan arus yang tertinggal/mendahului tegangan sebesar sudut, dikatakan ϕ . Gambar 2.4 menunjukkan tegangan dan arus pada berbagai beban linier.



Gambar 2. 4 Tegangan, arus, daya, pada berbagai jenis beban linier.

(Sumber: Konversi ITB)

Faktor daya bisa dikatakan sebagai besaran yang menunjukkan seberapa efisien jaringan yang kita miliki dalam menyalurkan daya yang bisa kita manfaatkan. Faktor daya dibatasi dari 0 hingga 1, semakin tinggi faktor daya (mendekati 1) artinya semakin banyak daya tampak yang diberikan sumber bisa kita manfaatkan, sebaliknya semakin rendah faktor daya (mendekati 0) maka semakin sedikit daya yang bisa kita manfaatkan dari sejumlah daya tampak yang sama. Di sisi lain, faktor daya juga menunjukkan “besar pemanfaatan” dari peralatan listrik di jaringan terhadap

investasi yang dibayarkan. Semua peralatan listrik memiliki kapasitas maksimum penyaluran arus, apabila faktor daya rendah artinya walaupun arus yang mengalir di jaringan sudah maksimum namun kenyataan hanya porsi kecil saja yang menjadi sesuatu yang bermanfaat bagi pemilik jaringan. (L Wuidart, 1999)

2.5 Penyebab Faktor Daya Rendah

Penyebab utama faktor daya suatu sistem jaringan listrik menjadi rendah adalah beban induktif. Pada sebuah rangkaian induktif murni, arus akan tertinggal sebesar 90° terhadap tegangan, perbedaan yang besar pada sudut fase antara arus dan tegangan ini akan menyebabkan faktor daya mendekati nol.

Umumnya, semua rangkaian listrik memiliki sifat Kapasitansi dan Induktansi (kecuali rangkaian resonansi atau rangkaian tuning dimana reaktansi induktif = reaktansi kapasitif ($X_c = X_L$)), sehingga rangkaian menjadi bersifat resistif), karena sifat kapasitansi dan induktansi beban pada sebuah rangkaian listrik akan menyebabkan perbedaan sudut fase (θ) antara arus dan tegangan sehingga menimbulkan faktor daya, sehingga menimbulkan beberapa kerugian, kerugian akibat rendahnya faktor daya (*power factor*).

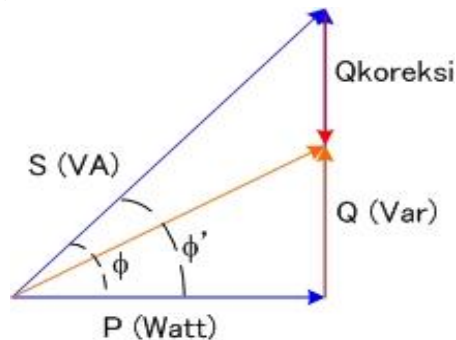
Berikut ini adalah beberapa sumber yang menyebabkan rendahnya faktor daya pada sistem jaringan listrik :

1. Motor induksi satu fasa atau tiga fasa, umumnya motor induksi baik yang satu fasa maupun tiga fasa memiliki faktor daya yang rendah yaitu, ketika berbeban penuh, $\text{power faktor} = 0,8 - 0,85$, dan ketika dibebani rendah (tanpa beban) berkisar pada $0,2 - 0,3$.

2. Variasi besar kecilnya beban pada jaringan sistem tenaga listrik . Pada periode beban rendah , tegangan suplai meningkat yang meningkatkan arus magnetisasi yang menyebabkan faktor daya menurun.

2.6 Perbaikan Faktor Daya

Memberikan kompensasi kapasitif menggunakan kapasitor pada jaringan sistem distribusi merupakan salah satu cara untuk memperbaiki faktor daya. Kapasitor merupakan komponen listrik yang menghasilkan daya reaktif pada jaringan dimana kapasitor tersambung. Pada jaringan yang bersifat induktif, apabila kapasitor dipasang maka daya reaktif yang harus disediakan oleh sumber akan berkurang sebesar $Q_{koreksi}$ (yang merupakan daya reaktif berasal dari kapasitor).



Gambar 2.5 Perbaikan Faktor Daya
(Sumber: Konversi ITB)

Karena daya aktif tidak berubah sedangkan daya reaktif berkurang, maka dari sudut pandang sumber, ditunjukkan pada Gambar 2.5 garis oranye. Terlihat bahwa sudut ϕ mengecil akibat pemasangan kapasitor tersebut sehingga faktor daya jaringan akan naik.

2.7 Kapasitor Bank untuk Koreksi Faktor Daya

Kapasitor bank adalah rangkaian yang terdiri dari beberapa unit kapasitor. Kapasitas unit kapasitor menyatakan besar daya reaktif normal yang dihasilkan pada tegangan dan frekuensi nominal, dinyatakan dalam satuan dasar Var. Praktisnya, unit kapasitor diproduksi dalam kapasitas tertentu dan bersifat diskrit.

Fungsi utama kapasitor bank yaitu sebagai penyeimbang beban induktif, seperti pada umumnya beban listrik terdiri dari beban reaktif (R), induktif (L), dan kapasitif (C). Umumnya, peralatan listrik yang sering digunakan memiliki karakteristik induktif, sehingga untuk menyeimbangkan karakteristik beban tersebut perlu digunakan kapasitor yang berperan sebagai beban kapasitif. (G. Brunello. 2003)

2.7.1 Proses Kerja Kapasitor

Kapasitor yang digunakan untuk memperbesar pf dipasang secara paralel dengan rangkain beban. Bila rangkaian itu diberi tegangan maka elektron akan mengalir ke kapasitor. Kapasitor saat penuh dengan muatan elektron maka tegangan akan berubah. Kemudian elektron akan ke luar dari kapasitor dan mengalir ke dalam rangkaian yang memerlukan, dengan demikian saat itu kapasitor membangkitkan daya reaktif. Bila tegangan kembali normal maka kapsitor akan menyimpan kembali elektron. Pada saat kapasitor mengeluarkan elektron (lc) berarti sama juga kapasitor menyuplai daya reaktif ke beban. Karena beban bersifat induktif (+) sedangkan daya reaktif bersifat kapasitif (-) akibatnya daya reaktif yang berlaku menjadi kecil.



Gambar 2.6 Kapasitor Bank
(Sumber: electricaltechnology.org)

Pemasangan kapasitor yang akan digunakan untuk memperkecil atau memperbaiki PF penempatannya ada dua cara :

1. Kapasitor terpusat di tempatkan pada :
 - Sisi primer atau sekunder transformator
 - Pada bus pusat pengontrol

2. Cara terbatas kapasitor di tempatkan :

- Feeder kecil
- Pada rangkaian cabang
- Langsung pada beban

Komponen utama yang terdapat pada panel kapasitor bank antara lain :

1. Main Switch/Load Break Switch

Main switch ini sebagai peralatan kontrol dan isolasi jika ada pemeliharaan panel. Sedangkan untuk pengaman kabel/instalasi sudah tersedia disisi atasnya (dari) MDP. Main switch atau lebih dikenal load break switch adalah peralatan pemutus dan penyambung yang sifatnya on load yakni dapat diputus dan disambungkan dalam keadaan berbeban, berbeda dengan on-off switch model knife yang hanya dioperasikan pada saat tidak berbeban. Untuk menentukan kapasitas yang dikapai dengan perhitungan minimal 25% lebih besar dari perhitungan Kvar terpasang.

2. Kapasitor Breaker

Kapasitor breaker digunakan untuk mengamankan instalasi kabel dari breaker ke kapasitor bank dan juga kapasitor itu sendiri. Kapasitas breaker yang digunakan sebesar 1,5 kali dari arus nominal dengan $1 \text{ m} - 10 \times I_r$. Untuk menghitung besarnya arus dapat digunakan rumus

$$I_n = Q_c / 3 \cdot V_L \quad (2.8)$$

3. Magnetic Contactor

Magnetic Contactor diperlukan sebagai peralatan kontrol. Beban kapasitor mempunyai arus puncak yang tinggi,

lebih tinggi dari beban motor. Untuk pemilihan magnetic contactor minimal 10% lebih tinggi dari arus nominal.

4. Kapasitor Bank

Sekumpulan beberapa kapasitor yang disambung secara paralel untuk mendapatkan kapasitas kapasitif tertentu. Besaran yang sering dipakai adalah Kvar meskipun didalamnya terkandung/tercantum besaran kapasitansi yaitu Farad atau Microfarad.

5. Reactive Power Regulator

Peralatan ini berfungsi untuk mengatur kerja kontaktor agar daya reaktif yang akan disupply ke jaringan/ system dapat bekerja sesuai kapasitas yang dibutuhkan. Dengan acuan pembacaan besaran arus dan tegangan pada sisi utama Breaker maka daya reaktif yang dibutuhkan dapat terbaca dan regulator inilah yang akan mengatur kapan dan berapa daya reaktif yang diperlukan.

2.7.2 Perhitungan Kapasitor

Berdasarkan gambar 2.5. perhitungan kapasitor untuk perbaikan faktor daya sebagai berikut :

$$\tan \varphi = \frac{Q}{P} \quad (2.9)$$

$$\tan (\arccos \varphi) = \frac{Q}{P}$$

$$Q = \tan (\arccos \varphi) \times P$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} Q_{\text{kompensasi}} &= Q_{\text{lama}} - Q_{\text{diinginkan}} \\ &= [P \times \tan(\arccos \varphi_{\text{lama}})] - \\ &\quad [P \times \tan(\arccos \varphi_{\text{diinginkan}})] \\ &= P \times [\tan(\arccos \varphi_{\text{lama}}) - \\ &\quad \tan(\arccos \varphi_{\text{diinginkan}})] \end{aligned}$$

2.8 ETAP (Electrical Transient Analysis Program) PowerStation

ETAP merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan *offline* untuk simulasi tenaga listrik, *online* untuk pengolahan data *real-time* atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara *real-time*.

ETAP PowerStation merupakan *software* untuk system yang bekerja berdasarkan plan (*project*). Setiap plan harus menyediakan modelling peralatan dan alat-alat pendukung yang berhubungan dengan analisa yang akan dilakukan. Misalnya generator, data motor, data kabel dll. Sebuah plan terdiri dari sub-sistem kelistrikan yang membutuhkan sekumpulan komponen elektrik yang khusus dan saling berhubungan. Dalam PowerStation, setiap plan harus menyediakan data base untuk keperluan itu.

ETAP PowerStation juga menyediakan fasilitas Library yang akan mempermudah desain suatu sistem kelistrikan. Library ini dapat diedit atau dapat ditambahkan dengan informasi peralatan bila perlu.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam bekerja dengan ETAP PowerStation adalah :

One Line Diagram, menunjukkan hubungan antar komponen/peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan.

Library, informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam sistem kelistrikan. Data elektrik maupun mekanis dari peralatan yang detail/lengkap dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi/analisa.

Standar yang dipakai, biasanya mengacu pada standar IEC atau ANSI, frekuensi sistem dan metode – metode yang dipakai.

Study Case, berisikan parameter – parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisa.

“halaman sengaja dikosongkan”

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Metodologi penelitian bertujuan membuat suatu kerangka dasar untuk penyelesaian terhadap permasalahan yang diteliti berisi tentang tahap-tahap yang akan dilakukan untuk menyelesaikan penelitian. Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah analisa, dimana akan dilakukan analisa berdasarkan simulasi model sistem distribusi tenaga pada *container crane* di pelabuhan nilam dengan menggunakan software ETAP PowerStation. Secara garis besar penyelesaian penelitian tugas akhir yang berjudul “Optimalisasi Faktor Daya pada Sistem *Container Crane* di Pelabuhan Nilam” terbagi dalam 7 tahap yaitu:

1. Perumusan Masalah
2. Studi Literatur
3. Pengumpulan Data
4. Pembuatan Program
5. Simulasi Software
6. Analisa dan Pengolahan data
7. Kesimpulan dan Saran

3.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan tahap pertama dalam pengerjaan tugas akhir. Merumuskan masalah yang akan dikaji dan dianalisis berdasarkan dasar teori.

3.3 Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan yaitu dengan mengumpulkan bahan-bahan dan keterangan yang bersumber dari kepustakaan antara lain berbagai buku petunjuk dan situs web mengenai optimalisasi perbaikan faktor daya yang berhubungan dengan penulisan tugas akhir ini yaitu sebagai landasan teori.

3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan tahap ke 3 sebagai pendukung untuk mengetahui data-data apa saja yang diperlukan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

3.5 Pembuatan Program

Tahapan 4 adalah pembuatan program untuk arus *starting* dan juga arus pada kondisi *steady state* dilihat dari *switching* pembebanan motor-motor listrik secara bergantian sesuai dengan motor yang digunakan pada sistem *Container Crane*.

3.6 Simulasi Software

Kemudian dilakukan simulasi menggunakan software ETAP 12.6 untuk mendapatkan nilai dari kondisi faktor daya (PF) setiap komponen pada sistem distribusi daya *container crane*.

3.7 Analisa dan Pengolahan Data

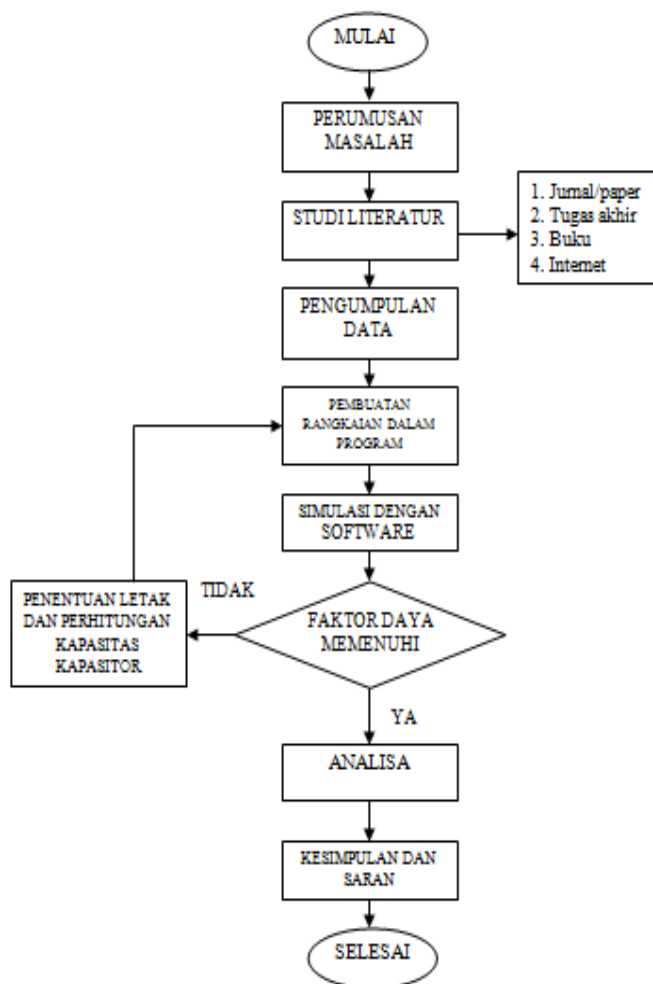
Pada tahap ini dilakukan pengolahan data yang sudah didapat dan menganalisa hasil dari data yang sudah diolah/diamati.

3.8 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan merupakan rangkuman dari penulisan tugas akhir dan merupakan jawaban dari rumusan masalah yang telah disusun pada bab pertama dalam tugas akhir ini.

Saran diberikan oleh penulis untuk menjadi rujukan tentang kendala-kendala yang terdapat dalam proses penulisan tugas akhir ini.

3.9 Flowchart Metodologi Penelitian



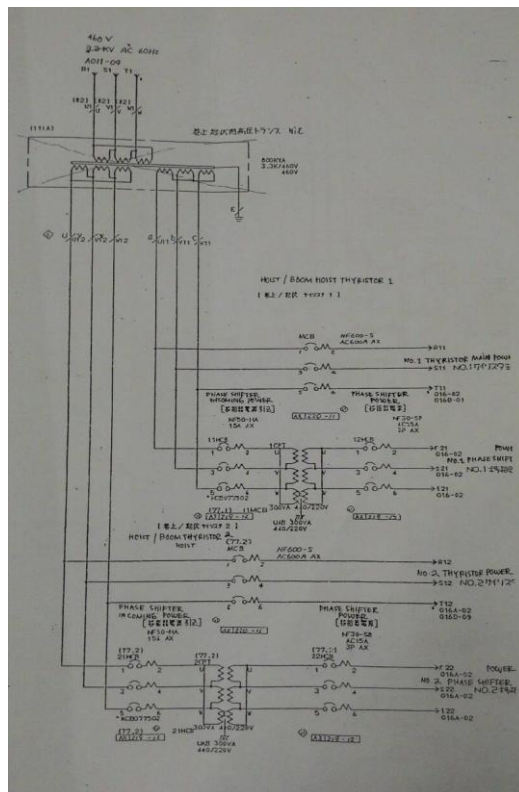
Gambar 3.1 Flowchart proses pengerjaan tugas akhir

BAB 4

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan mengenai analisa optimisasi faktor daya pada sistem container crane dengan melakukan simulasi sistem distribusi menggunakan program ETAP 12.6.

4.1 One Line System



Gambar 4. 1 One Line Diagram sistem distribusi tenaga di pelabuhan nilam

4.2 Data Spesifikasi Peralatan pada Crane

Komponen-komponen yang terdapat dalam rancangan sistem distribusi tenaga yang berada di pelabuhan nilam adalah sebagai berikut.

1. Transformator

Pada sistem container crane untuk step down menggunakan transformator 1, output dari tegangan generator dilakukan step down untuk memenuhi rating tegangan motor boom dan hoist. Berikut spesifikasi transformator 1:

Tabel 4.1 Spesifikasi Transformator 1

Transformator 1	800 kVA
Tegangan Primer	3.3 kV
Tegangan Sekunder	460 V

Kemudian setelah dilakukan step down terhadap transformator 1. Lalu dilakukan step down kembali terhadap transformator 2 untuk penyesuaian rating tegangan motor Trolley. Berikut spesifikasi transformator 2:

Tabel 4.2 Spesifikasi Transformator 2

Transformator 2	300 kVA
Tegangan Primer	460 V
Tegangan Sekunder	440 V

Untuk penyesuaian rating tegangan terhadap motor Gantry, dilakukan step down terhadap transformator 3. Berikut spesifikasi transformator 3:

Tabel 4.3 Spesifikasi Transformator 3

Transformator 3	300 kVA
Tegangan Primer	460 V
Tegangan Sekunder	440 V

2. Motor Listrik

Secara umum motor listrik merupakan suatu alat listrik yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa putaran. Motor-motor listrik yang dipergunakan pada sistem distribusi container crane adalah motor induksi 3 fasa, berikut adalah spesifikasi motor-motor listrik yang dipergunakan pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Spesifikasi motor listrik

Nama Peralatan	Motor Main Hoist	Motor Boom	Motor Trolley	Motor Gantry
Power	315 kW	110 kW	37 kW	15 kW
Current	563 A	200 A	57,5 A	29,6 A
RPM	1500	1500	1500	1500
Pole	4	4	4	4
Torque	2021	706	239	97,9
Type	M2BA 355 SMB	M2BAT 315 SMA	M2BA 225 SMA	M2BA 160 MLB
Unit	1 Unit	1 Unit	2 Unit	8 Unit

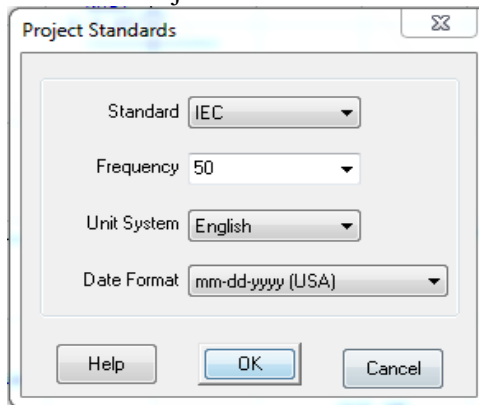
4.3 Pembuatan Rangkaian Sistem dengan Program ETAP

4.3.1 Single Line Diagram

Single Line Diagram merupakan gambar teknis yang mempresentasikan keadaan eksisting suatu sistem tenaga listrik. Sehingga dalam melakukan analisis didapatkan single line diagram yang lengkap dan sesuai dengan keadaan yang sesungguhnya. Untuk memudahkan proses, dalam menggambar single line diagram diawali dengan menggambar bagian sumber tenaga, hingga kemudian sampai ke beban.

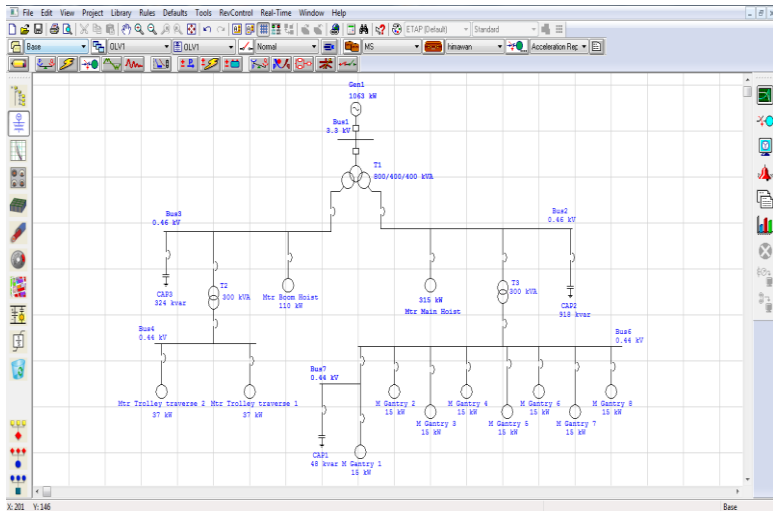
Sebelum menggambar single line diagram yang pertama kali harus dilakukan adalah memilih standar yang digunakan untuk menentukan gambar simbol peralatan. Terdapat dua standar yang digunakan dalam menggambar maupun melakukan analisis dalam ETAP 12, yaitu ANSI dan IEC. Selain itu juga harus menentukan nilai frekuensi sistem.

Project > Standards



Gambar 4.2 Penentuan Standar pada program ETAP 12.6

Single line diagram yang digambar secara baik dan rapi dengan One Line yang sudah ada dapat mempermudah dalam mengisi data peralatan maupun analisis. Berikut gambar 4.3 single line diagram yang telah dibuat.



Gambar 4.3 Single Line Diagram sesuai One Line sistem pelabuhan

4.3.2 Mengisi Data Peralatan

Setelah single line diagram tergambar dengan baik dan rapi proses selanjutnya adalah mengisi rating semua peralatan yang ada dalam single line diagram. Secara praktis terdapat dua teknik untuk melakukan pengisian data peralatan.

- a. Jika mendesain single line diagram yang baru maka lebih baik melakukan pengisian data peralatan mulai dari beban hingga akhirnya menuju ke sumber.

- b. Jika menggambar single line diagram yang telah didesain dan sudah dalam keadaan final ke dalam ETAP maka dapat melakukan pengisian data peralatan mulai dari sumber menuju ke beban.

Dikarenakan one line sudah didesain dalam keadaan final maka untuk melakukan pengisian data peralatan dimulai dari sumber menuju ke beban.

Pertama dengan mengisi data dari Generator sebagai tenaga utama, parameter yang diisi adalah daya dan tegangan. Seperti pada gambar 4.4.

Synchronous Generator Editor - Gen1

PSS Harmonic Protection Reliability Fuel Cost Remarks Comment
Info Rating Capability Imp/Model Grounding Inertia Exciter Governor

3.3 kV 1063 kW Swing

Rating

kV kW % PF kVA % Eff. Poles
1063 3.3 85 1251 95 4

% of Bus kVnom FLA RPM
100 218.8 1500

	Gen. Category	% V	Angle	kW	kvar	% PF	Qmax	Qmin
1	Design	100	0					
2	Normal	100	0					
3	Shutdown	100	0					
4	Emergency	100	0					
5	Standby	100	0					
6	Startup	100	0					

PrimeMover Rating

Continuous HP kW HP Peak kW
1426 1063 1426 1063

Mvar Limits

☐ Capability Curve ☒ User-Defined Peak kvar 659

Operating Values

% V Vangle kW kvar
100 0 510 -665

Gen1 OK Cancel

Gambar 4.4 Parameter pengisian pada generator

Kemudian setelah parameter generator terisi disambungkan dengan *high voltage circuit breaker* (HVCB1) dikarenakan tegangan melebihi dari 1 kilovolt. Setelah diberikan HVCB1 disambungkan kembali pada Bus1 dengan nominal tegangan seperti pada gambar 4.5.

The screenshot shows the 'Bus Editor - Bus1' window with the following details:

- Top Tabs:** Harmonic, Reliability, Remarks, Comment.
- Info Tab:**
 - Phase V: 3.3 kV 0 Amps
 - Peak 0 kA
 - ID: Bus1
 - Nominal kV: 3.3
 - Revision Data: Base
 - Condition: In (selected), Out, As-built
 - Service: In (selected), Out
 - State: As-built
 - Connection: 3 Phase (selected), 1 Phase 2W, 1 Phase 3W
 - Load Diversity Factor: Min. 80 %, Max. 125 %
- Bus Voltage:**

	% V	kV	Angle
Initial	100	3.3	0
Operating	0	0	0
- Equipment:**
 - Tag #:
 - Name:
 - Description:
- Classification:**
 - Zone: 1
 - Area: 1
 - Region: 1

Gambar 4.5 Parameter tegangan pada Bus1

Setelah dipasangkan Bus1 disambungkan kembali dengan *high voltage circuit breaker* (HVCB2). Kemudian memilih transformator 3 winding (Trafo1) sesuai one line yang ada dan parameter yang diisi seperti pada gambar 4.6.

3-Winding Transformer Editor - Trafo1

Info: 800 400 400 kVA, 3.3 0.46 0.46 kV

Rating:

	kV	kVA	Max kVA	FLA	Connected Bus
Prim.	3.3	800	800	140	3.3
Sec.	0.46	400	400	502	0.46
Ter.	0.46	400	400	502	0.46

Gambar 4.6 Parameter Transformator 3 winding (Trafo1)

Untuk kumparan tersier Transformator 3 winding (trafo1) dihubungkan dengan *low voltage circuit breaker* (LVCB3) kemudian dihubungkan dengan Bus2 sesuai dengan nominal tegangan seperti gambar 4.7.

Bus Editor - Bus2

Info: 0.46 kV 0 Amps, Peak 0 kA

Info:

ID: Bus2

Nominal kV: 0.46

Bus Voltage:

	% V	kV	Angle
Initial	100	0.46	0
Operating	0	0	0

Condition:

Service: ☒ In ☐ Out

State: As-built

Connection:

☒ 3 Phase ☐ 1 Phase 2W ☐ 1 Phase 3W

Load Diversity Factor:

Min.	%	Max.	%
80		125	

Gambar 4.7 Parameter tegangan pada Bus2

Dari Bus2 dihubungkan dengan *low voltage circuit breaker* (LVCB7) kemudian setelah itu dihubungkan dengan motor main hoist dengan parameter pengisian data seperti pada gambar 4.8.

Induction Machine Editor - Mtr Main Hoist

Info

Cable/Id	Cable Amp	Protection	Reliability	Remarks	Comment
1 315kW 0.4kV					

Cable Info not available

Info

ID: Mr Main Hoist

Bus: Bus2 0.46 kV

Equipment

Tag #

Name

Description

App. Type: Motor

Data Type: Estimated

Priority: Critical

Demand Factor

Continuous: 100 Intermittent: 50 Spare: 0 %

Condition

Revision Data

Base

State: Asbuilt

Connection

3 Phase

1 Phase

Quantity: 1

Configuration

Normal

Status: Continuous

Induction Machine Editor - Mtr Main Hoist

Ratings

Design	Other	FL	NL	OL
100 %	75 %	50 %	0 %	100 %
kW: 315	kV: 0.4	% PF: 89.85	88.27	82.76
kVA: 372	FLA: 537.4	% EF: 94.15	95.61	96.79
	%FLA: 100	75.18	52.81	26.63
% Slip: 1.55	RPM: 1477	Poles: 4	RPM: 1500	SF: 1

Library

Loading

Loading Category	% Loading	Motor Load			Feeder Loss	
		kW	kVAr	kW	kVAr	
1 Design	100	315	334.6	163.4	0	0
2 Normal	90	284	299.2	151.5	0	0
3 Brake	0	0	1.01	99.15	0	0
4 Winter Load	0	0	1.01	99.15	0	0
5 Summer Load	0	0	1.01	99.15	0	0
6 FL Relyed	0	0	1.01	99.15	0	0
7 Emergency	0	0	1.01	99.15	0	0

Operating Load: 0 kW +j 0 kVAr

Gambar 4. 8 Parameter pengisian data Motor Main Hoist

Bus2 dihubungkan kembali dengan *low voltage circuit breaker* (LVCB8) kemudian dihubungkan dengan Transformator 3. Berikut parameter-parameter yang diisi pada transformator 3 seperti pada gambar 4.9.

The image shows two side-by-side windows of the '2-Winding Transformer Editor - Trafo3' software. The left window displays the 'Voltage Rating' and 'Power Rating' tabs. The 'Voltage Rating' tab shows 'Pm: 0.46' and 'Sec: 0.44'. The 'Power Rating' tab shows 'Rated: 300' and 'Derated: 300'. The right window displays the 'Impedance' and 'Z Base' tabs. The 'Impedance' tab shows 'Positive: 4', 'Zero: 4', 'X/R: 1.5', 'R/X: 0.667', and '%X: 3.328'. The 'Z Base' tab shows 'kVA: 300' and 'ONAN 65'. Both windows have a 'Remarks' tab and a 'Comment' field.

Gambar 4.9 Parameter pada Transformator 3

Dari transformator 3 disambungkan dengan *low voltage circuit breaker* (LVCB12) selanjutnya dihubungkan pada Bus6. Berikut parameter pada bus6 pada gamabar 4.10.

The image shows the 'Bus Editor - Bus6' software interface. The 'Info' tab shows 'ID: Bus6' and 'Nominal kV: 0.44'. The 'Bus Voltage' tab shows 'Initial: 100', 'Operating: 0', and 'Angle: 0'. The 'Condition' tab shows 'Service: In' and 'State: As-built'. The 'Peak 0 kA' field is also visible.

Gambar 4.10 Parameter pada Bus6

Setelah melewati Bus6 kemudian dihubungkan dengan *low voltage circuit breaker* (LVCB13) sampai dengan *low voltage circuit breaker* (LVCB21), lalu disambungkan dengan motor Gantry setiap *low voltage circuit breaker*. Untuk parameter yang diisi dalam motor Gantry seperti gambar 4.11.

Induction Machine Editor - M Gantry 2

Info Tab:

Cable/Vol: 1 15 kW 0.4 kV

Info: Cable Info not available

ID: M Gantry 2

Bus: Bus6 0.44 kV

Equipment:

Tag #:

Name:

Description:

App. Type: Motor

Data Type: Estimated

Priority: Critical

Demand Factor:

Continuous	Intermittent	Spare
100	50	0 %

Revision Data: Base

Condition:

Service: In Out

State: Asbuilt

Connection: 3 Phase 1 Phase

Quantity: 1

Configuration: Normal

Status: Intermittent

Ratings Tab:

Cable Info not available

Design: Other

Design	FL	75 %	50 %	0 %	NL	OL
100 %	75 %	50 %	0 %	100 %		

kW: 15 kV: 0.4 % PF: 79.5 % 76.37 67.46 0.59 79.5

kVA: 19.7 FLA: 28.43 % EFF: 95.79 96.02 97.72 0 95.79

%FLA: 100 77.25 57.77 38.04 100

% Slip: 1.81 RPM: 1473 Poles: 4 RPM: 1500 SF: 1

Library:

Loading Table:

Loading Category	% Loading	Motor Load			Feeder Loss		
		kW	kVAr	kW	kVAr	kW	
1 Design	100	15	7.83	5.97	0	0	
2 Normal	90	13.5	7.02	5.58	0	0	
3 Brake	0	0	0.02	3.75	0	0	
4 Winter Load	0	0	0.02	3.75	0	0	
5 Summer Load	0	0	0.02	3.75	0	0	
6 FL Repeat	0	0	0.02	3.75	0	0	
7 Emergency	0	0	0.02	3.75	0	0	

Operating Load: 0 kW *1 0 kVAr

Gambar 4.11 Parameter pada Motor Gantry

Pada output kumparan sekunder transformator 3 winding (trafo1) disambungkan dengan pengaman *low voltage circuit breaker* (LVCB4) dan disambungkan dengan bus3 dan diisi nominal tegangan seperti gambar 4.12.

The screenshot shows the 'Bus Editor - Bus3' window with the following parameters:

- Info:**
 - 0.46 kV 0 Amps
 - Peak 0 kA
 - ID: Bus3
 - Nominal kV: 0.46
- Bus Voltage:**

	% V	kV	Angle
Initial	100	0.46	0
Operating	0	0	0
- Equipment:**
 - Tag #:
 - Name:
 - Description:
- Classification:**
 - Zone: 1
 - Area: 1
 - Region: 1
- Revision Data:**
 - Base
- Condition:**
 - Service: ☒ In, ☐ Out
 - State: As-built
- Connection:**
 - ☒ 3 Phase
 - ☐ 1 Phase 2W
 - ☐ 1 Phase 3W
- Load Diversity Factor:**

Min.	Max.
80 %	125 %

Gambar 4.12 Parameter yang diisi pada Bus3

Setelah bus3 terpasang kemudian disambungkan dengan *low voltage circuit breaker* (LVCB6) sebelum disambungkan pada motor Boom. Parameter awal yang perlu diisi pada motor boom ialah penamaan/ID dan pada tab nameplate diisi nominal daya dan tegangan untuk spesifikasi motor seperti pada gambar 4.13.

Induction Machine Editor - Mtr Boom Hoist

1 110 kW 0.4 kV

Cable Info not available

Info

ID: Mtr Boom Hoist

Bus: Bus3 0.46 kV

Equipment

Tag #:

Name:

Description:

App. Type: Motor

Data Type: Estimated

Priority: Critical

Demand Factor

Continuous: 100 Intermittent: 50 Spare: 0 %

Condition

Service: In Out

State: As-built

Connection

3 Phase 1 Phase

Quantity: 1

Configuration

Normal

Status: Intermittent

Induction Machine Editor - Mtr Boom Hoist

1 110 kW 0.4 kV

Cable Info not available

Ratings

Design: Other

FL: 100 % 75 % 50 % 0 %

NL: 0 %

OL: 100 %

kW: 110 kV: 0.4 % PF: 85.17 82.63 75.05 0.9 85.17

kVA: 137 FLA: 198.2 % EF: 94.06 94.63 95.11 0 94.06

%FLA: 100 76.84 56.12 32.43 100

% Slip: 1.01 RPM: 1485 Poles: 4 RPM: 1500 SF: 1

Library:

Loading

Loading Category	% Loading	Motor Load			Feeder Loss		
		kW	kVAr	kW	kVAr	kW	
Design	100	110	38.47	35.98	0	0	
1 Normal	90	99	34.6	31.7	0	0	
2 Brake	0	0	0.2	22.27	0	0	
3 Winter Load	0	0	0.2	22.27	0	0	
4 Summer Load	0	0	0.2	22.27	0	0	
5 FL Reject	0	0	0.2	22.27	0	0	
6 Emergency	0	0	0.2	22.27	0	0	

Operating Load: 0 kW +j 0 kVar

Gambar 4.13 Parameter yang diisi pada motor Boom

Kemudian pada Bus3 dihubungkan juga dengan *low voltage circuit breaker* (LVCB5) sebelum disambungkan dengan transformator 2. Untuk transformator 2 parameter yang perlu diisi seperti pada gambar 4.14.

2-Winding Transformer Editor - Trafo2

Reliability Remarks Comment

Info Rating Impedance Tap Grounding Sizing Protection Harmonic

300 kVA IEC Liquid-Fill ONAN 65 C 0.46 0.44 kV

Voltage Rating

Prim. kV FLA Bus kV/nom

0.46 375.5 0.46

Sec. 0.44 393.6 0.44

ONAN 65

Z Base

kVA

300

Power Rating

kVA

Rated 300

Derated 300

ONAN 65

% Derating 0

MFR

Alert - Max

kVA

300

☐ Derated kVA

☒ User-Defined

Installation

Altitude

0 ft

Ambient Temp.

30 °C

Type / Class

Type Sub Type Class Temp. Rise

Liquid-Fill Mineral Oil ONAN 65

OK Cancel

Gambar 4.14 Parameter yang diisi pada Transformator 2

Setelah transformator 2 terpasang akan disambungkan dengan *low voltage circuit breaker* (LVCB9) kemudian disambungkan dengan Bus4 dan diisi dengan parameter seperti gambar 4.15.

Bus Editor - Bus4

Harmonic Reliability Remarks Comment

Info Phase V Load Motor/Gen Rating Arc Flash Protection

0.44 kV 0 Amps Peak 0 kA

Info

ID Bus4

Nominal kV 0.44

Bus Voltage

% V kV Angle

Initial 100 0.44 0

Operating 0 0 0

Revision Data

Base

Condition

Service ☒ In ☐ Out

State As-built

Gambar 4.15 Parameter yang diisi pada Bus4

Setelah bus4 terpasang kemudian disambungkan dengan peralatan terakhir yaitu Motor Trolley tetapi sebelum masuk pada motor trolley diberi pengaman terlebih dahulu dengan memasang *low voltage circuit breaker* (LVCB10) dan (LVCB11). Untuk parameter yang harus diisi pada motor trolley seperti pada gambar 4.16.

The top screenshot shows the 'Induction Machine Editor - Mr Trolley traverse 1' window. The 'Info' tab is active, displaying fields for Cable/Vol (1 37kW 0.4 kV), Cable Amp, Protection, Reliability, Remarks, and Comment. The 'Revision Data' section shows 'Base' and 'Condition'. The 'Service' section has 'In' selected. The 'Connection' section has '3 Phase' selected. The 'Configuration' section has 'Normal' selected. The 'Status' section has 'Intermittent' selected.

The bottom screenshot shows the 'Induction Machine Editor - Mr Trolley traverse 1' window with the 'Ratings' tab active. The 'Ratings' section displays various electrical parameters: Design (37 kW, 0.4 kV), FL (100 %), 75 %, 50 %, 0 %, 100 %, PF (83.38), 78.71, 67.98, 2.87, 83.38, kVA (49.7), FLA (71.68), % BF (89.35, 89.95, 90.46, 0, 89.35), %FLA (100, 78.93, 60.58, 42.27, 100), % Slip (1.11), RPM (1483), Poles (4), RPM (1500), SF (1). The 'Loading' section shows a table with columns for Loading Category, % Loading, kW, kVAr, and kVA. The table has 7 rows: Design, Normal, Brake, Winter Load, Summer Load, Full Speed, and Emergency. The 'Operating Load' section shows '0 kW', '1 kVAr', and '0 kVA'.

Loading Category	% Loading	kW	kVAr	kVA
1 Design	100	37	20.71	43.71
2 Normal	90	33.3	18.58	39.0
3 Brake	0	0	0.3	10.49
4 Winter Load	0	0	0.3	10.49
5 Summer Load	0	0	0.3	10.49
6 Full Speed	0	0	0.3	10.49
7 Emergency	0	0	0.3	10.49

Gambar 4.16 Parameter yang diisi pada Motor Trolley

4.4 Hasil Simulasi *Motor Acceleration Analysis* untuk Faktor Daya Pada Motor Gantry

Pada saat motor gantry beroperasi dengan jumlah 8 unit total daya yang dibutuhkan yaitu sebesar 120kW. Simulasi *motor acceleration analysis* bertujuan untuk mengetahui nilai arus, tegangan, daya dan faktor daya pada tiap titik beban motor listrik. Untuk simulasi ini rangkaian motor gantry menggunakan rangkaian *wye-delta* berguna mengurangi arus start yang muncul pada saat awal motor dijalankan. Rangkaian *wye-delta* diatur pada 5 detik awal untuk perpindahan dari rangkaian *wye* ke *delta* dan untuk waktu operasional pengamatan diatur selama 60 detik. Berikut hasil simulasi *motor acceleration analysis* pada pembebanan motor gantry untuk mengetahui faktor daya ditunjukkan oleh tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Kondisi saat operasional Motor Gantry

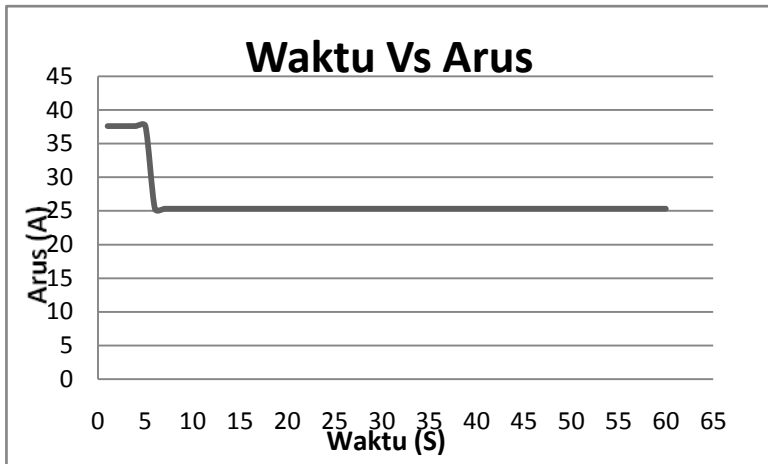
No	Time (s)	PF cos ϕ (%)	Daya (kW)	Arus (A)	Tegangan (kV)
1	1	24.1	6	37.6	0.399
2	2	24.1	6	37.6	0.399
3	3	24.1	6	37.6	0.399
4	4	24.1	6	37.6	0.399
5	5	24.1	6	37.6	0.399
6	6	78.1	14	25.3	0.418
7	7	78.1	14	25.3	0.418
8	8	78.1	14	25.3	0.418
9	9	78.1	14	25.3	0.418
10	10	78.1	14	25.3	0.418
11	11	78.1	14	25.3	0.418
12	12	78.1	14	25.3	0.418

No	Time (s)	PF cos ϕ (%)	Daya (kW)	Arus (A)	Tegangan (kV)
13	13	78.1	14	25.3	0.418
14	14	78.1	14	25.3	0.418
15	15	78.1	14	25.3	0.418
16	16	78.1	14	25.3	0.418
17	17	78.1	14	25.3	0.418
18	18	78.1	14	25.3	0.418
19	19	78.1	14	25.3	0.418
20	20	78.1	14	25.3	0.418
21	21	78.1	14	25.3	0.418
22	22	78.1	14	25.3	0.418
23	23	78.1	14	25.3	0.418
24	24	78.1	14	25.3	0.418
25	25	78.1	14	25.3	0.418
26	26	78.1	14	25.3	0.418
27	27	78.1	14	25.3	0.418
28	28	78.1	14	25.3	0.418
29	29	78.1	14	25.3	0.418
30	30	78.1	14	25.3	0.418
31	31	78.1	14	25.3	0.418
32	32	78.1	14	25.3	0.418
33	33	78.1	14	25.3	0.418
34	34	78.1	14	25.3	0.418
35	35	78.1	14	25.3	0.418
36	36	78.1	14	25.3	0.418
37	37	78.1	14	25.3	0.418
38	38	78.1	14	25.3	0.418
39	39	78.1	14	25.3	0.418
40	40	78.1	14	25.3	0.418
41	41	78.1	14	25.3	0.418
42	42	78.1	14	25.3	0.418

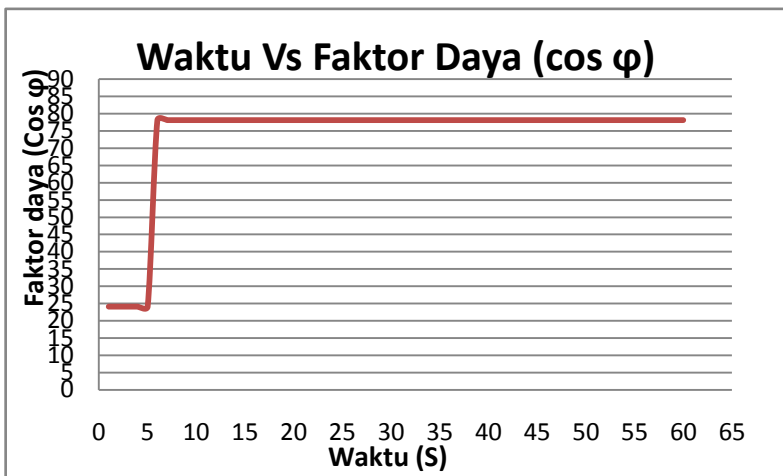
No	Time (s)	PF cos ϕ (%)	Daya (kW)	Arus (A)	Tegangan (kV)
43	43	78.1	14	25.3	0.418
44	44	78.1	14	25.3	0.418
45	45	78.1	14	25.3	0.418
46	46	78.1	14	25.3	0.418
47	47	78.1	14	25.3	0.418
48	48	78.1	14	25.3	0.418
49	49	78.1	14	25.3	0.418
50	50	78.1	14	25.3	0.418
51	51	78.1	14	25.3	0.418
52	52	78.1	14	25.3	0.418
53	53	78.1	14	25.3	0.418
54	54	78.1	14	25.3	0.418
55	55	78.1	14	25.3	0.418
56	56	78.1	14	25.3	0.418
57	57	78.1	14	25.3	0.418
58	58	78.1	14	25.3	0.418
59	59	78.1	14	25.3	0.418
60	60	78.1	14	25.3	0.418

Dari hasil simulasi *motor acceleration analysis* pada motor gantry selama operasional 60 detik terjadi penurunan faktor daya pada 5 detik awal atau pada saat kondisi starting. Pada detik 1 sampai detik 5 nilai faktor daya sama yaitu sebesar 24.1%. Kondisi penurunan faktor daya ini terjadi dikarenakan perubahan kondisi dari rangkaian *wye-delta*. Tetapi kondisi seperti ini pada saat starting sudah dalam toleransi dikarenakan arus start memang selalu tinggi. Hasil dari simulasi pada tabel 4.5 didapatkan grafik karakteristik arus steady state dan faktor daya (cos ϕ) ditunjukkan pada

gambar 4.17 dan 4.18 dimana hasil grafik dapat menunjang analisa data yang diambil dari simulasi ETAP.



Gambar 4.17 Grafik perbandingan Waktu dengan Arus (Motor Gantry)



Gambar 4.18 Grafik perbandingan Waktu dengan Faktor Daya (Motor Gantry)

4.5 Hasil Simulasi *Motor Acceleration Analysis* untuk Faktor Daya Pada Motor Boom

Pada saat Motor Boom beroperasi dibutuhkan daya sebesar 110 kW. Untuk simulasi ini rangkaian motor boom menggunakan rangkaian *wye-delta* berguna mengurangi arus start yang muncul pada saat awal motor dijalankan. Rangkaian *wye-delta* diatur pada 5 detik awal untuk perpindahan dari rangkaian *wye* ke *delta* dan untuk waktu operasional pengamatan diatur selama 30 detik. Berikut hasil simulasi *motor acceleration analysis* pada pembebanan motor boom untuk mengetahui faktor daya ditunjukkan oleh tabel 4.6.

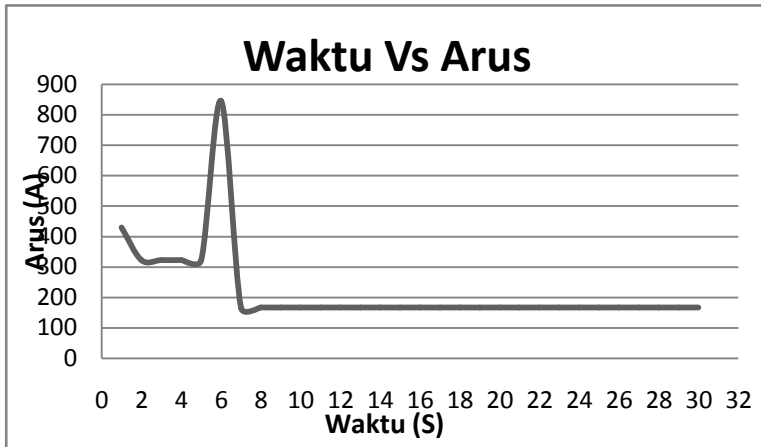
Tabel 4. 6 Kondisi saat operasional Motor Boom

No	Time (s)	PF cos φ (%)	Daya (kW)	Arus (A)	Tegangan (kV)
1	61	31	96	429.8	0.416
2	62	27.5	66	322.7	0.427
3	63	27.5	66	322.7	0.427
4	64	27.5	66	322.7	0.427
5	65	27.5	66	322.7	0.427
6	66	27.5	150	845.7	0.373
7	67	82.6	107	166.8	0.449
8	68	82.6	107	166.8	0.449
9	69	82.6	107	166.8	0.449
10	70	82.6	107	166.8	0.449
11	71	82.6	107	166.8	0.449
12	72	82.6	107	166.8	0.449
13	73	82.6	107	166.8	0.449

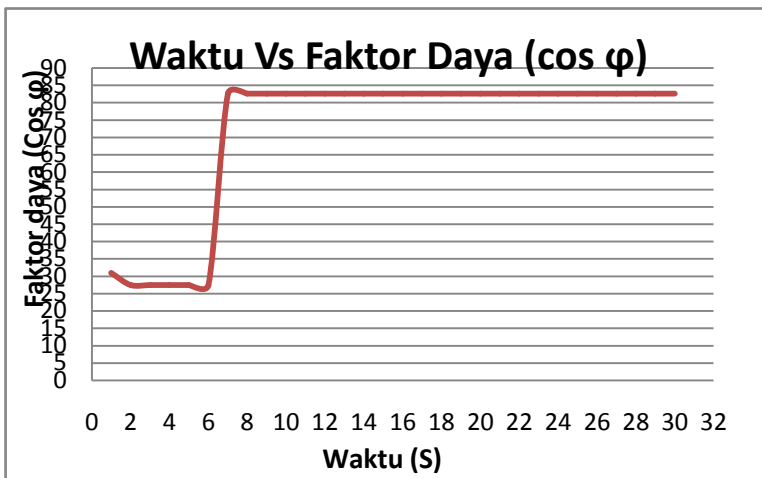
No	Time (s)	PF cos ϕ (%)	Daya (kW)	Arus (A)	Tegangan (kV)
14	74	82.6	107	166.8	0.449
15	75	82.6	107	166.8	0.449
16	76	82.6	107	166.8	0.449
17	77	82.6	107	166.8	0.449
18	78	82.6	107	166.8	0.449
19	79	82.6	107	166.8	0.449
20	80	82.6	107	166.8	0.449
21	81	82.6	107	166.8	0.449
22	82	82.6	107	166.8	0.449
23	83	82.6	107	166.8	0.449
24	84	82.6	107	166.8	0.449
25	85	82.6	107	166.8	0.449
26	86	82.6	107	166.8	0.449
27	87	82.6	107	166.8	0.449
28	88	82.6	107	166.8	0.449
29	89	82.6	107	166.8	0.449
30	90	82.6	107	166.8	0.449

Dari hasil simulasi *motor acceleration analysis* pada motor boom selama operasional 30 detik terjadi penurunan faktor daya pada 6 detik awal atau pada saat kondisi starting. Pada detik 61 (31%) dan detik 62 sampai detik 66 nilai faktor daya sama yaitu sebesar (27.5%). Kondisi penurunan faktor daya ini terjadi dikarenakan perubahan kondisi dari rangkaian *wye* ke *delta*. Tetapi kondisi seperti ini pada saat starting sudah dalam toleransi dikarenakan arus start memang selalu tinggi. Hasil dari simulasi pada tabel 4.6 didapatkan grafik karakteristik arus steady state dan faktor

daya ($\cos \phi$) ditunjukkan pada gambar 4.19 dan 4.20 dimana hasil grafik dapat menunjang analisa data yang diambil dari simulasi ETAP.



Gambar 4.19 Grafik perbandingan Waktu dengan Arus (Motor Boom)



Gambar 4.20 Grafik perbandingan Waktu dengan Faktor Daya (Motor Boom)

4.6 Hasil Simulasi *Motor Acceleration Analysis* untuk Faktor Daya Pada Motor Trolley

Total daya yang dibutuhkan oleh motor trolley jumlah 2 unit sebesar 74 kW. Untuk simulasi ini rangkaian motor trolley menggunakan rangkaian *wye-delta* berguna mengurangi arus start yang muncul pada saat awal motor dijalankan. Rangkaian *wye-delta* diatur pada 5 detik awal untuk perpindahan dari rangkaian *wye* ke *delta* dan untuk waktu operasional pengamatan diatur selama 60 detik. Berikut hasil simulasi *motor acceleration analysis* pada pembebanan motor trolley untuk mengetahui faktor daya ditunjukkan oleh tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Kondisi saat operasional Motor Trolley

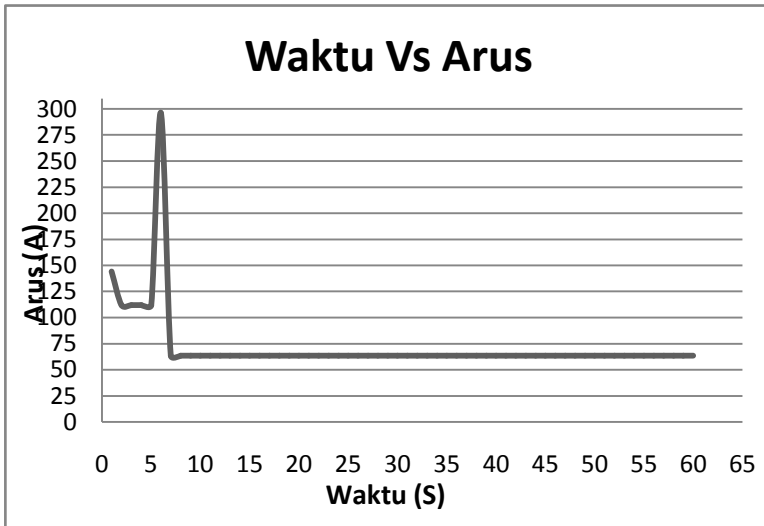
No	Time (s)	PF cos φ (%)	Daya (kW)	Arus (A)	Tegangan (V)
1	91	56.1	56	144.3	0.403
2	92	49.2	39	112.1	0.41
3	93	49.2	39	112.1	0.41
4	94	49.2	39	112.1	0.41
5	95	49.2	39	112.1	0.41
6	96	49.2	91	296.2	0.361
7	97	80.5	38	63.5	0.426
8	98	80.5	38	63.5	0.426
9	99	80.5	38	63.5	0.426
10	100	80.5	38	63.5	0.426
11	101	80.5	38	63.5	0.426
12	102	80.5	38	63.5	0.426
13	103	80.5	38	63.5	0.426

No	Time (s)	PF cos φ (%)	Daya (kW)	Arus (A)	Tegangan (V)
14	104	80.5	38	63.5	0.426
15	105	80.5	38	63.5	0.426
16	106	80.5	38	63.5	0.426
17	107	80.5	38	63.5	0.426
18	108	80.5	38	63.5	0.426
19	109	80.5	38	63.5	0.426
20	110	80.5	38	63.5	0.426
21	111	80.5	38	63.5	0.426
22	112	80.5	38	63.5	0.426
23	113	80.5	38	63.5	0.426
24	114	80.5	38	63.5	0.426
25	115	80.5	38	63.5	0.426
26	116	80.5	38	63.5	0.426
27	117	80.5	38	63.5	0.426
28	118	80.5	38	63.5	0.426
29	119	80.5	38	63.5	0.426
30	120	80.5	38	63.5	0.426
31	121	80.5	38	63.5	0.426
32	122	80.5	38	63.5	0.426
33	123	80.5	38	63.5	0.426
34	124	80.5	38	63.5	0.426
35	125	80.5	38	63.5	0.426
36	126	80.5	38	63.5	0.426
37	127	80.5	38	63.5	0.426
38	128	80.5	38	63.5	0.426
39	129	80.5	38	63.5	0.426
40	130	80.5	38	63.5	0.426

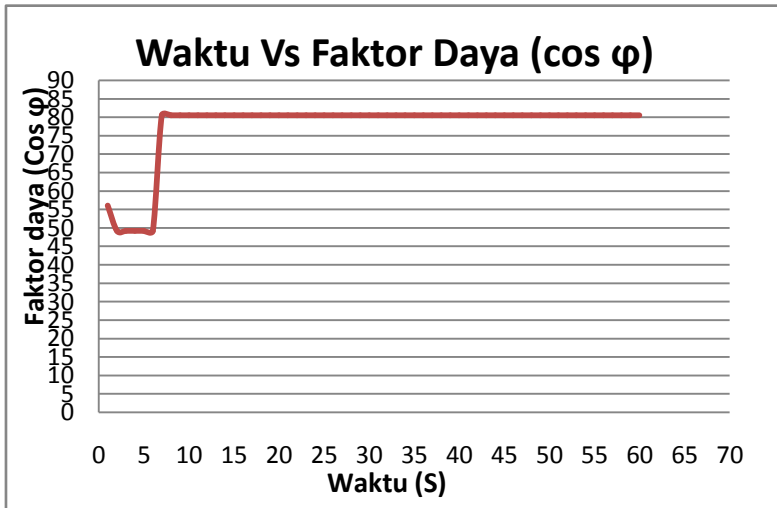
No	Time (s)	PF cos ϕ (%)	Daya (kW)	Arus (A)	Tegangan (V)
41	131	80.5	38	63.5	0.426
42	132	80.5	38	63.5	0.426
43	133	80.5	38	63.5	0.426
44	134	80.5	38	63.5	0.426
45	135	80.5	38	63.5	0.426
46	136	80.5	38	63.5	0.426
47	137	80.5	38	63.5	0.426
48	138	80.5	38	63.5	0.426
49	139	80.5	38	63.5	0.426
50	140	80.5	38	63.5	0.426
51	141	80.5	38	63.5	0.426
52	142	80.5	38	63.5	0.426
53	143	80.5	38	63.5	0.426
54	144	80.5	38	63.5	0.426
55	145	80.5	38	63.5	0.426
56	146	80.5	38	63.5	0.426
57	147	80.5	38	63.5	0.426
58	148	80.5	38	63.5	0.426
59	149	80.5	38	63.5	0.426
60	150	80.5	38	63.5	0.426

Dari hasil simulasi *motor acceleration analysis* pada motor trolley selama operasional 60 detik terjadi penurunan faktor daya pada 6 detik awal atau pada saat kondisi starting. Pada detik 91 (56.1%) dan detik 92 sampai detik 96 nilai faktor daya sama yaitu sebesar (49.2%). Kondisi penurunan faktor daya ini terjadi dikarenakan perubahan kondisi dari rangkaian *wye* ke *delta*. Tetapi kondisi seperti ini pada saat

starting sudah dalam toleransi dikarenakan arus start memang selalu tinggi. Hasil dari simulasi pada tabel 4.7 didapatkan grafik karakteristik arus steady state dan faktor daya ($\cos \phi$) ditunjukkan pada gambar 4.21 dan 4.22 dimana hasil grafik dapat menunjang analisa data yang diambil dari simulasi ETAP.



Gambar 4.21 Grafik perbandingan Waktu dengan Arus (Motor Trolley)



Gambar 4.22 Grafik perbandingan Waktu dengan Faktor Daya (Motor Trolley)

4.7 Hasil Simulasi *Motor Acceleration Analysis* untuk Faktor Daya Pada Motor Hoist

Pada saat motor Hoist beroperasi daya yang dibutuhkan yaitu sebesar 315 kW. Untuk simulasi ini rangkaian motor hoist menggunakan rangkaian *wye-delta* berguna mengurangi arus start yang muncul pada saat awal motor dijalankan. Rangkaian *wye-delta* diatur pada 5 detik awal untuk perpindahan dari rangkaian *wye* ke *delta* dan untuk waktu operasional pengamatan diatur selama 60 detik. Berikut hasil simulasi *motor acceleration analysis* pada pembebanan motor hoist untuk mengetahui faktor daya ditunjukkan oleh tabel 4.8.

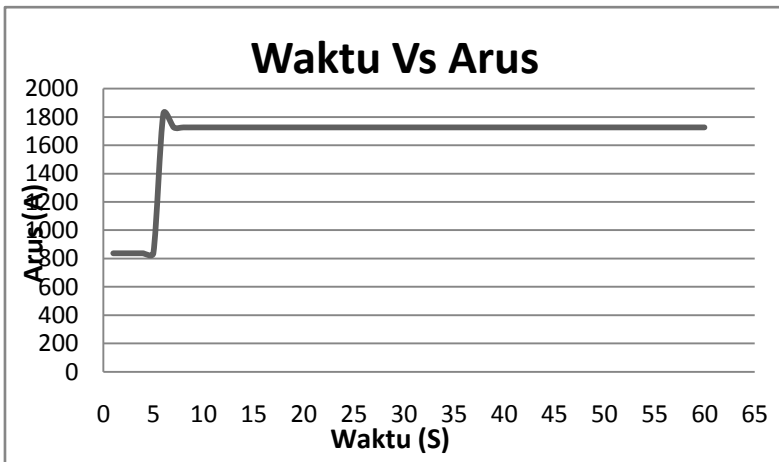
Tabel 4. 8 Kondisi saat operasional Motor Hoist

No	Time (s)	PF cos ϕ (%)	Daya (kW)	Arus (A)	Tegangan (kV)
1	151	25	135	836.7	0.374
2	152	25	135	836.7	0.374
3	153	25	135	836.7	0.37
4	154	25	135	836.7	0.37
5	155	25	135	836.7	0.37
6	156	25	214	1821.7	0.271
7	157	33.1	280	1727	0.283
8	158	33.3	282	1725.7	0.283
9	159	33.3	282	1725.7	0.283
10	160	33.3	282	1725.7	0.283
11	161	33.3	282	1725.7	0.283
12	162	33.3	282	1725.7	0.283
13	163	33.3	282	1725.7	0.283
14	164	33.3	282	1725.7	0.283
15	165	33.3	282	1725.7	0.283
16	166	33.3	282	1725.7	0.283
17	167	33.3	282	1725.7	0.283
18	168	33.3	282	1725.7	0.283
19	169	33.3	282	1725.7	0.283
20	170	33.3	282	1725.7	0.283
21	171	33.3	282	1725.7	0.283
22	172	33.3	282	1725.7	0.283
23	173	33.3	282	1725.7	0.283
24	174	33.3	282	1725.7	0.283
25	175	33.3	282	1725.7	0.283
26	176	33.3	282	1725.7	0.283

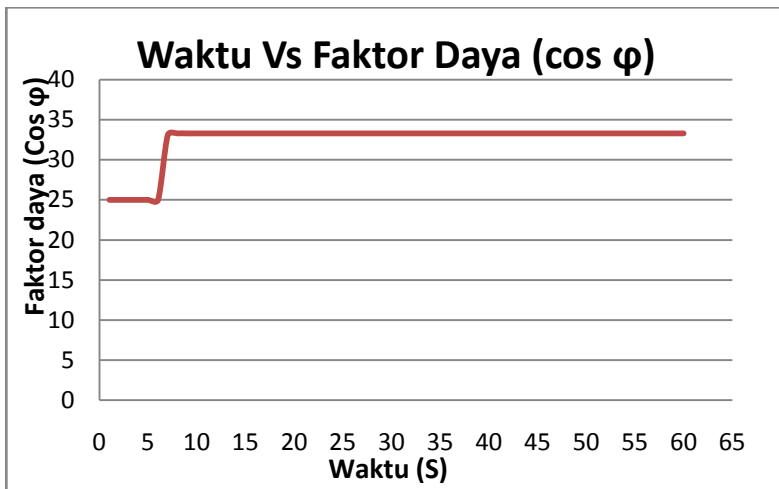
No	Time (s)	PF cos φ (%)	Daya (kW)	Arus (A)	Tegangan (kV)
27	177	33.3	282	1725.7	0.283
28	178	33.3	282	1725.7	0.283
29	179	33.3	282	1725.7	0.283
30	180	33.3	282	1725.7	0.283
31	181	33.3	282	1725.7	0.283
32	182	33.3	282	1725.7	0.283
33	183	33.3	282	1725.7	0.283
34	184	33.3	282	1725.7	0.283
35	185	33.3	282	1725.7	0.283
36	186	33.3	282	1725.7	0.283
37	187	33.3	282	1725.7	0.283
38	188	33.3	282	1725.7	0.283
39	189	33.3	282	1725.7	0.283
40	190	33.3	282	1725.7	0.283
41	191	33.3	282	1725.7	0.283
42	192	33.3	282	1725.7	0.283
43	193	33.3	282	1725.7	0.283
44	194	33.3	282	1725.7	0.283
45	195	33.3	282	1725.7	0.283
46	196	33.3	282	1725.7	0.283
47	197	33.3	282	1725.7	0.283
48	198	33.3	282	1725.7	0.283
49	199	33.3	282	1725.7	0.283
50	200	33.3	282	1725.7	0.283
51	201	33.3	282	1725.7	0.283
52	202	33.3	282	1725.7	0.283
53	203	33.3	282	1725.7	0.283

No	Time (s)	PF cos ϕ (%)	Daya (kW)	Arus (A)	Tegangan (kV)
54	204	33.3	282	1725.7	0.283
55	205	33.3	282	1725.7	0.283
56	206	33.3	282	1725.7	0.283
57	207	33.3	282	1725.7	0.283
58	208	33.3	282	1725.7	0.283
59	209	33.3	282	1725.7	0.283
60	210	33.3	282	1725.7	0.283

Dari hasil simulasi *motor acceleration analysis* pada motor hoist selama operasional 60 detik terjadi penurunan faktor daya selama waktu operasionalnya yaitu 60 detik waktu operasional. Pada detik 151 sampai detik 156 nilai faktor daya sama yaitu sebesar (25%) dan pada detik 157 sampai dengan detik 203 juga sama nilai faktor daya menunjukkan (33.3%) dan juga kondisi arus meningkat 6 kali lipat dari arus nominal hingga mencapai nilai 1821.7 Ampere. Kondisi seperti ini berakibat sangat buruk terhadap *lifetime* motor Hoist. Dari hasil simulasi seperti di atas nilai faktor daya tidak memenuhi standar yang diberikan oleh PLN (Persero) yaitu minimal sebesar 75% akibatnya akan dikenai biaya pinalti oleh PT PLN (Persero) berupa tagihan pemakaian daya reaktif. Sehingga dibutuhkan kapasitor sebagai solusi untuk memperbaiki faktor daya yang buruk seperti di atas. Hasil dari simulasi pada tabel 4.8 didapatkan grafik karakteristik arus steady state dan faktor daya (cos ϕ) ditunjukkan pada gambar 4.23 dan 4.24 dimana hasil grafik dapat menunjang analisa data yang diambil dari simulasi ETAP.



Gambar 4.23 Grafik perbandingan Waktu dengan Arus (Motor Hoist)



Gambar 4.24 Grafik perbandingan Waktu dengan Faktor Daya (Motor Hoist)

4.8 Hasil Simulasi *Motor Acceleration Analysis* untuk Faktor Daya Pada Motor Hoist dengan Kapasitor

Dari semua komponen-komponen motor listrik yang ada pada sistem container crane hanya motor hoist yang mengalami penurunan nilai faktor daya dan kenaikan nominal arus hingga 6 kali lipat selama 60 detik waktu pengamatan operasional untuk simulasi *motor acceleration analysis* pada ETAP. Untuk memperbaiki nilai faktor daya dan menurunkan nominal arus yang meningkat dibutuhkan kapasitor sebagai solusinya.

Berikut perhitungan berapa besar nilai kapasitor untuk memperbaiki faktor daya dan menurunkan nominal arus yang meningkat dalam operasional motor hoist :

Diketahui :

$$P = 315000 \text{ watt}$$

$$\cos \varphi_{\text{lama}} = 0,25$$

$$\cos \varphi_{\text{diinginkan}} = 0,85$$

$$\tan \varphi = \frac{Q}{P} \quad (2.10)$$

$$\tan (\arccos \varphi) = \frac{Q}{P}$$

$$Q = \tan (\arccos \varphi) \times P$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} Q_{\text{kompensasi}} &= Q_{\text{lama}} - Q_{\text{diinginkan}} \\ &= [P \times \tan(\arccos \varphi_{\text{lama}})] - \\ &\quad [P \times \tan(\arccos \varphi_{\text{diinginkan}})] \\ &= P \times [\tan(\arccos \varphi_{\text{lama}}) - \\ &\quad \tan(\arccos \varphi_{\text{diinginkan}})] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 315000 \times [\tan(\arccos 0,33) - \tan(\arccos 0,85)] \\
&= 315000 \times [\tan 70,55 - \tan 31,79] \\
&= 315000 \times (2,83 - 0,62) \\
&= 315000 \times 2,21 \\
&= 696738.3 \text{ VAR} \\
&= 696.74 \text{ KVAR}
\end{aligned}$$

Setelah mendapatkan berapa besar nilai kapasitor untuk memperbaiki faktor daya pada motor hoist, selanjutnya mengoptimalkan penempatan kapasitor berada pada Bus2 melalui transformator 1. Dengan penambahan kapasitor, nilai faktor daya meningkat hingga (82.8%) pada detik 157 sampai detik 210. Tetapi saat awal start pada detik 151 sampai 156 nilai kapasitor rendah yaitu menunjukkan nilai (30.4%), kondisi penurunan faktor daya ini terjadi dikarenakan perubahan kondisi dari rangkaian *wye* ke *delta*. Hal seperti ini pada saat starting sudah dalam toleransi dikarenakan arus start memang selalu tinggi. Berikut hasil simulasi *motor acceleration analysis* pada pembebanan motor hoist setelah ditambahkan kapasitor sebagai perbaikan faktor daya ditunjukkan oleh tabel 4.9.

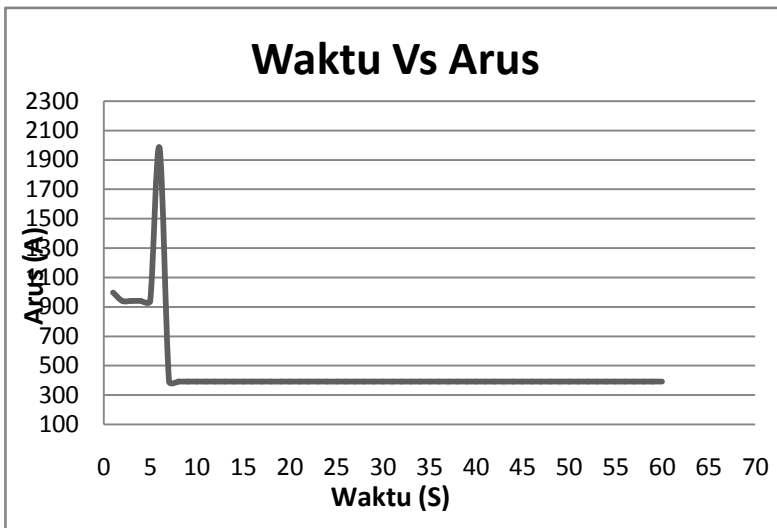
Tabel 4. 9 Kondisi operasional motor hoist dengan kapasitor

No	Time (s)	PF cos ϕ (%)	Daya (kW)	Arus (A)	Tegangan (kV)
1	151	25	192	996	0.445
2	152	30.4	224	940.1	0.453
3	153	30.4	224	940	0.453
4	154	30.4	224	940	0.453
5	155	30.4	224	940	0.453
6	156	30.4	332	1981.1	0.318

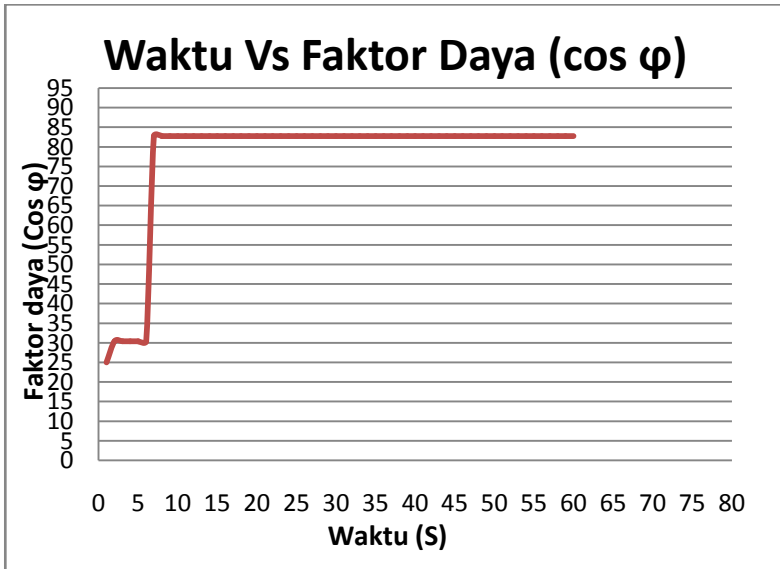
No	Time (s)	PF cos ϕ (%)	Daya (kW)	Arus (A)	Tegangan (kV)
7	157	82.8	303	391.6	0.539
8	158	82.8	303	391.6	0.539
9	159	82.8	303	391.6	0.539
10	160	82.8	303	391.6	0.539
11	161	82.8	303	391.6	0.539
12	162	82.8	303	391.6	0.539
13	163	82.8	303	391.6	0.539
14	164	82.8	303	391.6	0.539
15	165	82.8	303	391.6	0.539
16	166	82.8	303	391.6	0.539
17	167	82.8	303	391.6	0.539
18	168	82.8	303	391.6	0.539
19	169	82.8	303	391.6	0.539
20	170	82.8	303	391.6	0.539
21	171	82.8	303	391.6	0.539
22	172	82.8	303	391.6	0.539
23	173	82.8	303	391.6	0.539
24	174	82.8	303	391.6	0.539
25	175	82.8	303	391.6	0.539
26	176	82.8	303	391.6	0.539
27	177	82.8	303	391.6	0.539
28	178	82.8	303	391.6	0.539
29	179	82.8	303	391.6	0.539
30	180	82.8	303	391.6	0.539
31	181	82.8	303	391.6	0.539
32	182	82.8	303	391.6	0.539
33	183	82.8	303	391.6	0.539

No	Time (s)	PF cos ϕ (%)	Daya (kW)	Arus (A)	Tegangan (kV)
34	184	82.8	303	391.6	0.539
35	185	82.8	303	391.6	0.539
36	186	82.8	303	391.6	0.539
37	187	82.8	303	391.6	0.539
38	188	82.8	303	391.6	0.539
39	189	82.8	303	391.6	0.539
40	190	82.8	303	391.6	0.539
41	191	82.8	303	391.6	0.539
42	192	82.8	303	391.6	0.539
43	193	82.8	303	391.6	0.539
44	194	82.8	303	391.6	0.539
45	195	82.8	303	391.6	0.539
46	196	82.8	303	391.6	0.539
47	197	82.8	303	391.6	0.539
48	198	82.8	303	391.6	0.539
49	199	82.8	303	391.6	0.539
50	200	82.8	303	391.6	0.539
51	201	82.8	303	391.6	0.539
52	202	82.8	303	391.6	0.539
53	203	82.8	303	391.6	0.539
54	204	82.8	303	391.6	0.539
55	205	82.8	303	391.6	0.539
56	206	82.8	303	391.6	0.539
57	207	82.8	303	391.6	0.539
58	208	82.8	303	391.6	0.539
59	209	82.8	303	391.6	0.539
60	210	82.8	303	391.6	0.539

Dari hasil simulasi selama operasional motor hoist dengan ditambahkan kapasitor sudah memberikan dampak yang sangat signifikan terhadap operasional motor hoist dengan meningkatnya nilai faktor daya yang mencapai (82.8%). Kapasitor juga memberikan dampak signifikan terhadap nominal arus yang awalnya meningkat hingga 6 kali lipat sebesar 1725.7A dari arus nominal, setelah diberikannya kapasitor nominal arus turun dan stabil menjadi 391.6A. Hasil dari simulasi pada tabel 4.9 didapatkan grafik karakteristik arus steady state dan faktor daya ($\cos \varphi$) ditunjukkan pada gambar 4.25 dan 4.26 dimana hasil grafik dapat menunjang analisa data yang diambil dari simulasi ETAP.



Gambar 4.25 Grafik perbandingan Waktu dengan Arus (Motor Hoist) dengan Kapasitor



Gambar 4.26 Grafik perbandingan Waktu dengan Faktor Daya (Motor Hoist) dengan Kapasitor

“halaman sengaja dikosongkan”

Critical									
Device ID	Type	Alert	Condition	Rating/Limit	Unit	Operating	% Operating	TBegin	Duration
Bus1	Generator Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.882	87.3	5.1	0.1
Bus1	Generator Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.814	85.3	66	0.08
Bus1	Generator Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3	90.9	96	0.02
Bus1	Generator Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.514	76.2	156	0.16
Bus1	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.882	87.3	5.1	0.08
Bus1	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.814	85.3	66	0.08
Bus1	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.514	76.2	156	0.16
Bus2	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.318	69.2	156	0.14
Bus2	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.385	83.7	5.1	0.1
Bus2	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.383	83.2	66	0.08
Bus2	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.412	89.5	96	0
Bus2	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.318	69.2	156	0.16
Bus3	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.334	72.7	156	0.14
Bus3	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.393	85.5	5.1	0.1
Bus3	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.373	81.1	66	0.08
Bus3	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.406	88.2	96	0.04
Bus3	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.334	72.7	156	0.16
Bus4	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.32	72.7	156	0.14
Bus4	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.376	85.5	5.1	0.1
Bus4	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.357	81.1	66	0.08
Bus4	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.361	82.2	96	0.04
Bus4	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.32	72.7	156	0.16
Bus6	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.336	76.4	5.1	0.08
Bus6	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.305	69.2	156	0.14
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.383	87	0.1	0.14
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.336	76.4	5.1	0.1
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.366	83.2	66	0.08
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.394	89.5	96	0
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.305	69.2	156	0.16
Gen1	Generator	Exciter Peak Rating	Over Rating	0.659	Mvar	0.782	118.7	156	0.14
M Gantry 1	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.221	55.3	0.1	4.98
M Gantry 2	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.221	55.3	0.1	4.98
M Gantry 3	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.221	55.3	0.1	4.98
M Gantry 4	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.221	55.3	0.1	4.98
M Gantry 5	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.221	55.3	0.1	4.98
M Gantry 6	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.221	55.3	0.1	4.98
M Gantry 7	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.221	55.3	0.1	4.98
M Gantry 8	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.221	55.3	0.1	4.98
Mtr Boom	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.24	60.1	61	4.98
Mtr Main Hoist	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.257	64.2	151	5.02
Mtr Trolley traverse 1	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.233	58.1	91	4.98
Mtr Trolley traverse 2	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.233	58.1	91	4.98

Marginal									
Device ID	Type	Alert	Condition	Rating/Limit	Unit	Operating	% Operating	TBegin	Duration
Bus1	Generator Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.07	93	0.1	5
Bus1	Generator Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.056	92.6	61	5
Bus1	Generator Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.046	92.3	96.04	0
Bus1	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.07	93	0.1	5
Bus1	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	2.988	90.5	5.2	0
Bus1	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3.056	92.6	61	5
Bus1	MV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	3.3	kV	3	90.9	96	0.04
Bus2	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.385	83.7	5.1	0.1
Bus2	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.383	83.2	66	0.08
Bus2	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.412	89.5	96	0
Bus2	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.386	83.9	156.16	0
Bus2	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.419	91	0.1	5
Bus2	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.421	91.5	61	5
Bus2	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.415	90.1	96.02	0.02
Bus3	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.393	85.5	5.1	0.1
Bus3	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.373	81.1	66	0.08
Bus3	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.406	88.2	96	0.04
Bus3	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.395	85.8	156.16	0
Bus3	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.423	92	0.1	5
Bus3	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.416	90.5	61	5
Bus3	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.46	kV	0.435	94.5	91	0.06
Bus4	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.376	85.5	5.1	0.1
Bus4	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.357	81.1	66	0.08
Bus4	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.361	82.2	96	0.04
Bus4	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.378	85.8	156.16	0
Bus4	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.405	92	0.1	5
Bus4	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.398	90.5	61	5
Bus4	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.403	91.5	91	5
Bus6	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.383	87	0.1	0.14
Bus6	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.359	81.6	5.2	0
Bus6	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.366	83.2	66	0.08
Bus6	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.394	89.5	96	0
Bus6	Motor Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.369	83.9	156.16	0
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.396	90.1	0.26	4.84
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.418	94.9	5.22	54.76
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.403	91.5	61	5
Bus6	LV Bus	Bus Voltage	Under Voltage	0.44	kV	0.397	90.1	96.02	0.02
M Gantry 1	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.336	84.1	5.1	0.1
M Gantry 2	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.336	84.1	5.1	0.1
M Gantry 3	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.336	84.1	5.1	0.1
M Gantry 4	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.336	84.1	5.1	0.1
M Gantry 5	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.336	84.1	5.1	0.1
M Gantry 6	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.336	84.1	5.1	0.1
M Gantry 7	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.336	84.1	5.1	0.1
M Gantry 8	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.336	84.1	5.1	0.1
Mtr Main Hoist	Motor	Motor Voltage	Under Voltage	0.4	kV	0.321	80.2	156.04	0.1

VarplusBox Capacitor



Varplus Box capacitors deliver reliable performance in most of the fixed applications such as Fixed & Automatic PFC systems and in networks with frequently switched loads & harmonic disturbances.

Construction

The design is specially adapted for mechanical stability. The enclosure is designed to ensure reliable operation of the capacitors in hot and humid conditions, without any additional ventilation louvers.

Main Characteristics / High performance

- Heavy edge metallization / wave cut edge to ensure high inrush current capabilities
- Special resistivity and profile metallization for enhanced life

Safety

- It's unique safety feature PSD, electrically disconnects the capacitors safely at the end of their life.

Flexibility

- Easily mountable inside panels or in a stand- alone configuration
- Suitable for flexible bank configuration

Additional Features

- Pre coated Metal box
- Higher ratings up to 100kvar
- Easy repair and maintenance

Typical Applications

- Stand alone PFC equipment
- Fixed bank
- Direct connection to a machine, in hostile environment conditions





VarplusBox Standard Duty Capacitors (SDuty)

- Non-Linear loads up to 10%
- Over-current - 1.5 I_s
- Ambient temperature up to 55°C
- Switching frequency up to 5000 /year
- Voltage range - 415 / 440 V (other voltage on request)
- kvar range: 1 to 100 (40, 50, 75 and 100 kvar on request)



Varplus Box Heavy Duty Capacitors (HDuty)

- Non-Linear loads up to 20%
- Over-current - 1.8 I_s
- Ambient temperature up to 55°C
- Switching frequency up to 7000 /year
- Voltage range - 415 / 440 V (other voltages on request)
- kvar range: 5 to 100 (40, 50, 75 and 100 kvar on request)



Varplus Box Energy Capacitors (MD-XL)

- Non-linear loads up to 25%
- Over-current - 2.5 I_s
- Ambient temperature up to 70°C
- Frequent switching operation up to 10000/year
- Voltage range - 415 / 440 V (other voltages on request)
- kvar range: 5 to 100 (40, 50, 75 and 100 kvar on request)



Varplus Box APP Super Heavy Duty Capacitors (SHDuty)

- Non-linear loads up to 20%
- Over-current - 2.0 I_s
- Ambient temperature up to 70°C
- Frequent switching operation up to 10000/year
- Voltage range - 415 / 440 V (other voltages on request)
- kvar range: 5 to 100 (40, 50, 75 and 100 kvar on request)

Technical Details

	VarplusBox Standard Duty Capacitors (SDuty)	VarplusBox Heavy Duty Capacitors (HDuty)	Varplus Box Energy Capacitors (MD-XL)	Varplus Box APP Super Heavy Duty Capacitors (SHDuty)
Standards	13340-1993, IS 13341-1992, IEC 60831-1/-2	IS 13340-1993, IS 13341-1992, IEC 60831-1/-2	IS 13340-1993, IS 13341-1992, IEC 60831-1/-2	IS 13585-1994, IEC 60834-1/-2
Rated Voltage	415 /440V (other voltage on request)			
Frequency	50 Hz			
Power range	From 1 to 100 kvar	From 5 to 100 kvar	From 5 to 100 kvar	From 5 to 100 kvar
Losses(Dielectrical)	< 0,2 watt/kvar			
Losses (Total)	< 0,5 watt/kvar			
Peak inrush current	Up to 150 x I _N	Up to 250 x I _N	Up to 400 x I _N	Up to 350 x I _N
Over voltage	1.1 U _s continuous			
Over current	1.5 x I _s	1.8 x I _s	2.5 x I _s	2.0 x I _s
Mean life expectancy	Up to 100,000 Hours	Up to 130,000 Hours	Up to 160,000 Hours	Up to 140,000 Hours
Capacitance tolerance	-5%, +10%			
Voltage test				
Between terminals	2.15x U _N (AC), 2 sec			
Between earth & terminals	< 660V, 3000V (AC) 10 sec & >660V, 6000V (AC), 10sec			
Discharge resistors	Fitted: standard discharge time 60 seconds			
Safety	Self healing + pressure sensitive disconnecter for every phase + discharge device			
Protection	IP20 (IP54 on request)			
Casing	Sheet steel enclosure			
Dielectric	Metallised Polypropylene film with Zn/Al alloy, flat metallization	Metallised Polypropylene film with Zn/Al alloy, special resistivity & profile, special edge (wave cut)	Double metallized paper + Polypropylene film	Aluminum foil + PP film
Impregnation	Non - PCB, Bio-degradable PUR resin	Non - PCB, Bio-degradableDry Resin	Non-PCB, oil	Non-PCB, oil
Environmental conditions				
Ambient temperature	-25°C / +55°C (Class D)		-25°C / +70°C (Class D)	-25°C / +55°C (Class D)
Humidity	95%			
Altitude	4000m above sea level			
Installation features				
Mounting	Indoor, vertical position			
Connection	Three phase (delta connection)			
Fixing and earthing	Mounting cleats			
Terminals	Bushing terminals designed for large cable termination and direct bus bar mounting for banking			

440V Capacitor ordering reference nos.

Rated KVAr	Rated Current (Amps)	Rated capacitance µF (x 3)	Dimension (mm)				Net Weight (kg)	Ordering reference no.	Reference Drawing nos.
W1	W2	D	H						
VarplusBox Standard Duty Capacitors (SDuty)									
1	1.3	7	115	95	55	117	0.55	MEH_VBSDY_010A44_3	Drawing 10
2	2.6	13	115	95	55	148	0.65	MEH_VBSDY_020A44_3	
3	3.9	20	144	125	55	121	0.75	MEH_VBSDY_030A44_3	
4	5.2	27	144	125	55	152	0.95	MEH_VBSDY_040A44_3	
5	6.6	33	144	125	55	152	0.95	MEH_VBSDY_050A44_3	
6	7.9	40	144	125	55	162	1.1	MEH_VBSDY_060A44_3	
7.5	10	50	263	243	97	260	3	MEH_VBSDY_075A44_3	Drawing 1
10	13	55	263	243	97	260	3.5	MEH_VBSDY_100A44_3	
12.5	16	69	263	243	97	260	3.6	MEH_VBSDY_125A44_3	
15	20	82	263	243	97	355	4.7	MEH_VBSDY_150A44_3	
20	26	110	263	243	97	355	4.8	MEH_VBSDY_200A44_3	
25	33	137	263	243	97	355	5.1	MEH_VBSDY_250A44_3	
30	39	164	309	289	153	455	7.7	MEH_VBSDY_300A44_3	
40	52	219	309	289	153	455	7.8	MEH_VBSDY_400A44_3	
50	66	274	309	289	153	455	8	MEH_VBSDY_500A44_3	
75	98	411	435	280	270	455	21.3	MEH_VBSDY_750A44_3	
100	131	548	545	390	270	455	27	MEH_VBSDY_X00A44_3	
Varplus Box Heavy Duty Capacitors (HDuty)									
5	6.6	33	263	243	97	260	0.95	MEH_VBHDY_050A44_3	Drawing 1
7.5	10	50	263	243	97	260	3	MEH_VBHDY_075A44_3	
10	13	55	263	243	97	355	3.5	MEH_VBHDY_100A44_3	
12.5	16	69	263	243	97	355	3.6	MEH_VBHDY_125A44_3	
15	20	82	263	243	97	355	4.7	MEH_VBHDY_150A44_3	
20	26	110	309	289	153	355	4.8	MEH_VBHDY_200A44_3	
25	33	137	309	289	153	355	5.1	MEH_VBHDY_250A44_3	Drawing 2
30	39	164	309	289	224	497	7.7	MEH_VBHDY_300A44_3	
40	52	219	309	289	224	497	7.8	MEH_VBHDY_400A44_3	
50	66	274	309	289	224	497	8	MEH_VBHDY_500A44_3	
75	98	411	625	460	315	455	21.3	MEH_VBHDY_750A44_3	Drawing 4
100	131	548	795	630	315	455	27	MEH_VBHDY_X00A44_3	Drawing 5
Varplus Box Energy Capacitors (MD-XL)									
5	6.6	33	263	243	97	260	3.5	MEH_VBENY_050A44_3	Drawing 1
7.5	10	50	263	243	97	355	4.7	MEH_VBENY_075A44_3	
10	13	55	263	243	97	355	5	MEH_VBENY_100A44_3	
12.5	16	69	263	243	97	355	5.4	MEH_VBENY_125A44_3	
15	20	82	309	289	153	355	8	MEH_VBENY_150A44_3	
20	26	110	309	289	153	355	8.7	MEH_VBENY_200A44_3	
25	33	137	309	289	153	355	9.4	MEH_VBENY_250A44_3	Drawing 2
30	39	164	309	289	224	497	11.3	MEH_VBENY_300A44_3	
40	52	219	309	289	224	497	12.2	MEH_VBENY_400A44_3	
50	66	274	309	289	224	497	13	MEH_VBENY_500A44_3	
75	98	411	625	460	315	455	38	MEH_VBENY_750A44_3	Drawing 4
100	131	548	795	630	315	455	50	MEH_VBENY_X00A44_3	Drawing 5
Varplus Box APP Super Heavy Duty Capacitors (SHDuty)									
5	6.6	33	260	250	123	165	5.3	MEH_VBAPP_050A44_3	Drawing 11
7.5	10	50	260	250	123	185	6.4	MEH_VBAPP_075A44_3	
10	13	55	260	250	123	210	7.4	MEH_VBAPP_100A44_3	
12.5	16	69	260	250	123	230	8.6	MEH_VBAPP_125A44_3	
15	20	82	260	250	123	250	9.6	MEH_VBAPP_150A44_3	
20	26	110	383	370	123	250	13.8	MEH_VBAPP_200A44_3	
25	33	137	383	370	123	277	15.8	MEH_VBAPP_250A44_3	Drawing 12
30	39	164	405	263	383	367	28.6	MEH_VBAPP_300A44_3	
40	52	219	405	230	383	367	37	MEH_VBAPP_400A44_3	
50	66	274	405	230	383	395	42	MEH_VBAPP_500A44_3	
75	98	411	560	385	383	395	59	MEH_VBAPP_750A44_3	Drawing 13
100	131	548	715	540	383	395	77.2	MEH_VBAPP_X00A44_3	Drawing 14

Refer Drawings in page no. 32 and 33. Drawing 11 & 12 on request.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan simulasi dengan menggunakan Matlab maupun perhitungan manual maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada motor Hoist terjadi penurunan faktor daya selama waktu operasionalnya yaitu selama 60 detik waktu operasional. Pada detik 157 sampai dengan detik 203 nilai faktor daya menunjukkan (33.3%) dan juga kondisi arus meningkat 6 kali lipat dari arus nominal hingga mencapai nilai 1821.7 A.
2. Motor Gantry terjadi penurunan faktor daya sebesar (24.1%). Kondisi penurunan faktor daya ini terjadi dikarenakan perubahan kondisi dari rangkaian *wye* ke *delta*.
3. Motor Boom terjadi penurunan faktor daya sebesar (27.5%). Kondisi penurunan faktor daya ini terjadi dikarenakan perubahan kondisi dari rangkaian *wye* ke *delta*.
4. Motor Trolley terjadi penurunan faktor daya sebesar (49.2%). Kondisi penurunan faktor daya ini terjadi dikarenakan perubahan kondisi dari rangkaian *wye* ke *delta*.
5. Pada motor hoist faktor daya turun sebesar (33.3%) dan arus meningkat sebesar 1821.7 A. Maka dibutuhkan kapasitor sebesar 696,74 kVAR untuk perbaikan menjadi (82.8%).

6. Dalam mengoptimalkan penempatan kapasitor pada Bus2 melalui transformator 1. Nilai faktor daya meningkat hingga (82.8%) pada detik 157 sampai detik 210. Tetapi saat awal start pada detik 151 sampai 156 nilai faktor daya rendah yaitu menunjukkan nilai (30.4%), kondisi penurunan faktor daya ini terjadi dikarenakan perubahan kondisi dari rangkaian *wye* ke *delta*.

5.2 Saran

Adapun saran agar nanti pada saat melakukan tugas akhir sejenis dengan ini bisa memberikan hasil yang lebih maksimal.

Pada tugas akhir ini hanya dilihat dari segi penentuan berapa besar kapasitas dan optimalisasi faktor daya dengan kapasitor. Akan lebih baik, jika dapat dikembangkan dengan menganalisa dari aspek ekonomisnya.

DAFTAR PUSTAKA

Gustavo Brunello, 2003. *Shunt Capacitor Bank Fundamental and Protection*. Conference for Protective Relay Engineers, Texas A&M University.

L, Wuidart. 1999. *Understanding Power Factor*. STMicroelectronics. (<http://www.st.oom>)

Modul pelatihan ETAP. 2015. *Training ETAP Basic for Industrial Electricity System*. Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

Rahardjo, Yadi. 2010. Perbaikan Faktor Daya Motor Induksi 3 Fase. Seminar Nasional VI SDM Teknologi Nuklir. Yogyakarta.

Saragi, Hadi. 2012. Sistem Operasi Container Crane (CC) Di Terminal Peti Kemas Semarang. Semarang.

Suryawan, I Ketut. 2012. Optimasi Desain Bank Kapasitor Untuk Perbaikan Faktor Daya Berbasis Assesmen Stokastik Menggunakan Genetic Algorithm. Jurnal Logic. Bali.

“halaman sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Himawan Wicaksono, dilahirkan di Surabaya pada tanggal 29 Juni 1994. Merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis merupakan alumni dari SD Negeri Klampis Ngasem 1 246 Surabaya, SMP Negeri 29 Surabaya, dan SMA Negeri 3 Surabaya. Penulis melanjutkan studi Strata 1 (S1) di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan,

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya tahun 2012. Selama perkuliahan penulis aktif dalam kegiatan akademik dan non akademik. Kegiatan akademik penulis yaitu sebagai grader praktikum *motor single phase* dalam matakuliah listrik perkapalan di *Marine Electrical and Automation System Laboratory*. Sedangkan kegiatan non-akademik penulis yaitu organisasi HIMASISKAL FTK-ITS pada tahun kedua sebagai staff departemen KESMA, selain itu menjadi anggota MARINE SOLAR BOAT TEAM ITS pada tahun ketiga untuk mengikuti kompetisi internasional. Pengalaman kerja penulis pernah melakukan kerja praktek di PT. Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero) dan PT. Antakesuma Inti Raharja (MTU Indonesia).

Himawan Wicaksono
Marine Engineering Department
himawicaksono@gmail.com